

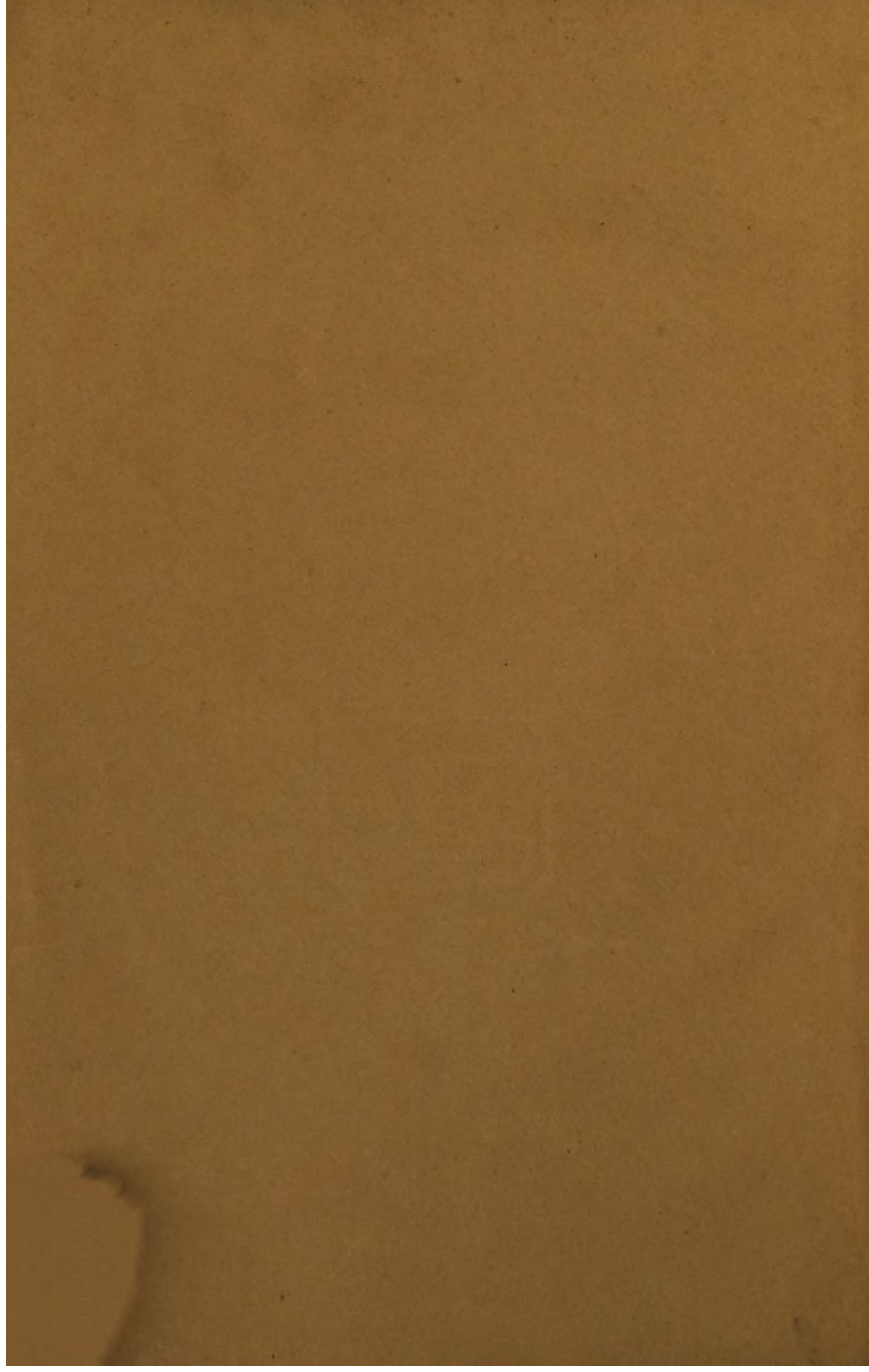
Chem. 106 ^m

Gerding, Th.,

3. 1.

1. 2



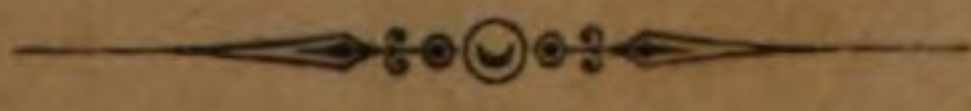


Einführung
in das
Studium der Chemie
oder

die Grundlehren der allgemeinen Chemie
mit besonderer Rücksicht
auf Physik und Stöchiometrie

von
Dr. Th. Gerding.

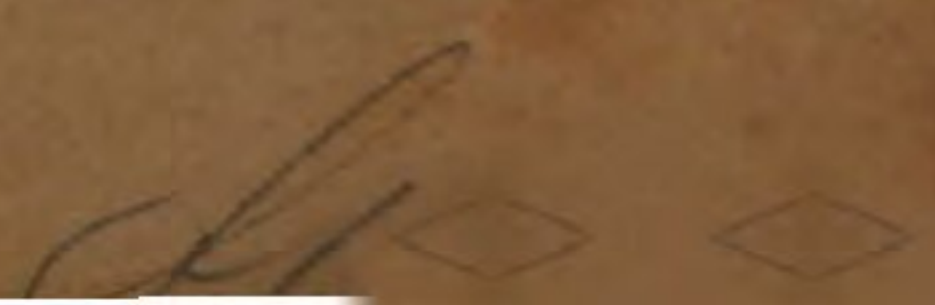
Mit 77 in den Text gedruckten Holzschnitten.



Leipzig, 1852.

Renger'sche Buchhandlung.

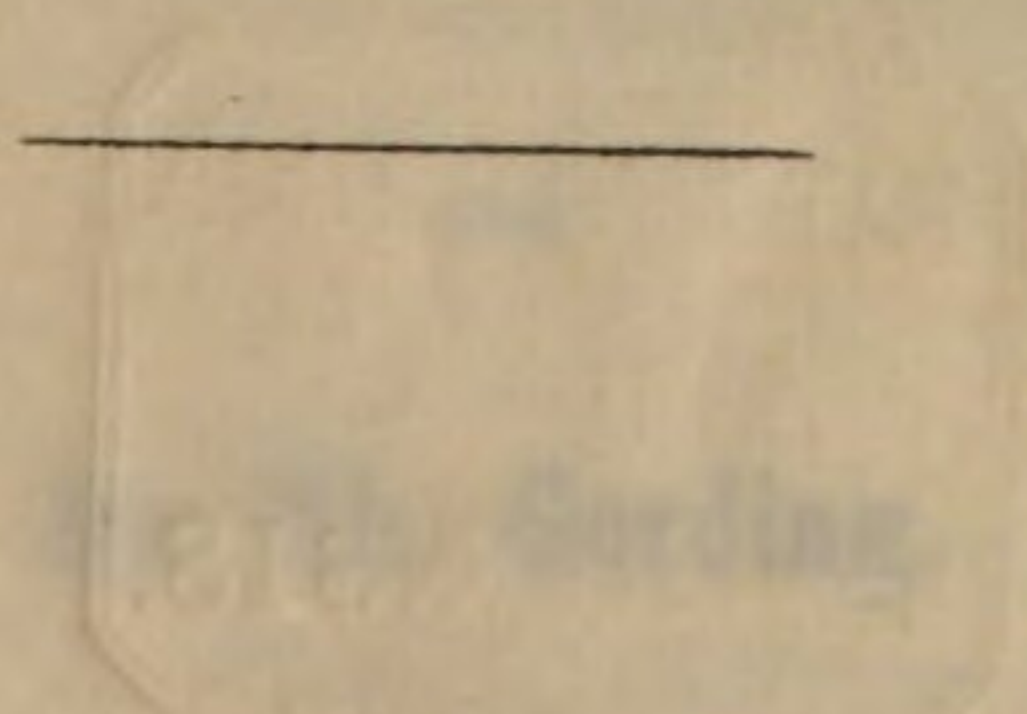
Oscar Banckwitz.



Einführung

in das

Studium der Chemie.



Leipzig, 1832.

Verlag der Buchhandlung.

Verlag der Buchhandlung.

Einleitung

in der

Studien der Chemie

ISIS

Einführung
in das
Studium der Chemie
oder
die Grundlehren der allgemeinen Chemie
mit besonderer Rücksicht
auf Physik und Stöchiometrie

von
Dr. Th. Gerding.

Mit 77 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Leipzig, 1852.

Renger'sche Buchhandlung.

Oscar Banckwitz.

124. D.

Studium der Chemie
in das
Einführung

die Grundlehren der allgemeinen Chemie

mit besonderer Rücksicht

auf Physik und Stöchiometrie



Mit 73 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Leipzig, 1852.

Renger'sche Buchhandlung.

Ges. Buchw. u.

Vorwort.

Dem vorliegenden Werkchen, welches als ein Abriss des allgemeinen Theils der Chemie betrachtet werden darf, liegt die Tendenz zum Grunde, sowohl den angehenden Chemiker, Mediciner, Pharmaceuten und Techniker, als auch überhaupt einen Jeden, welcher die Chemie gründlich studiren will, in das Gebiet der allgemeinen wissenschaftlichen Fundamente und Theoreme einzuführen, um dem Anfänger das gemeinsame Band der aus der Beobachtung einzelner That- sachen abgeleiteten Theorien und Gesetze kennen zu leh- ren, und ihn so in einer erleichternden und kurzgefassten Weise mit dem Zusammenhange des wissenschaftlichen Lehr- gebäudes, dem heutigen Standpunkte angemessen, vertraut zu machen. Denn der generelle Theil der Chemie, der uns in den Geist der Wissenschaft eindringen lässt, ist es ge- rade, welcher dem Anfänger so häufig Schwierigkeiten ver- ursacht.

Um diesem vorgesteckten Ziele einigermaassen nahe zu kommen, musste als nothwendig erscheinen, auch die Phy- zik und Mathematik in ihrer engsten Beziehung zur Chemie zu berücksichtigen, d. h. sowohl dem physikalisch-chemi- schen als auch dem mathematisch-chemischen Theile einen angemessenen Platz einzuräumen. Es wurde daher in dem physikalischen Theile ausser der Lehre vom specifischen Ge- wichte besonders auch der von der Wärme, vom Lichte und der Elektrizität die gebührende Aufmerksamkeit ge- schenkt, hauptsächlich aber des mächtigen Einflusses die- ser ätherischen Stoffe auf chemische Action gedacht.

Der mathematisch-chemische Theil, welcher sich den chemischen Theorien und Gesetzen anschliesst, bietet eine Anleitung zu mathematisch-chemischen oder stöchiometrischen Rechnungen, für deren genaues Verständniss die mitgetheilten bezüglichen arithmetischen Operationen und eine Reihe von Beispielen mit Anwendung der Logarithmen nicht unwillkommen sein dürfte.

Rücksichtlich des chemischen Theils mag nur noch hervorgehoben werden, dass auch auf die etymologische Ableitung der Nomenclatur und sowohl auf die Classification als auch Constitution der organischen Verbindungen besondere Rücksicht genommen worden ist.

In wie weit ich nun meinen Zweck erreicht habe, überlasse ich dem nachsichtigen Urtheile kompetenter Richter, und es soll mich freuen, wenn wenigstens mein Streben, zur leichten Auffassung der Wissenschaft beizutragen, nicht verkannt wird.

Als Quellen benutzte ich z. B. die Werke von Biot, Eisenlohr, Lamé (Cours de Physique, 3 vol.), Pouillet, Müller, Berzelius, Gmelin, Liebig, Löwig, Graham u. Otto, Rammelsberger u. s. w. Hauptsächlich aber unterstützten mich das Handwörterbuch von Liebig, Poggendorff und Wöhler, Poggendorff's Annalen, die Annalen von Wöhler und Liebig, das Journal von Erdmann und Marchand, Annales de Chemie et de Physique, der Jahresbericht von Liebig und Kopp, die Berichte über die neuesten Fortschritte der Physik von Müller u. s. w.

Der Verlagshandlung sage ich für die in gewohnter rühmlicher Weise ausgeführte Ausstattung meinen Dank, und wünsche, dass die vorhandenen Druckfehler durch meine Entfernung vom Druckorte entschuldigt werden können.

Jena, im Juni 1852.

Dr. Theodor Gerding.

I n h a l t.

Einleitung. Begriff der Chemie. Nähere Beziehung der Physik und Mathematik zur Chemie. Ursprung und etymologische Ableitung des Wortes Chemie.

I.

Physikalisch-chemischer Theil.

(Die Physik in ihrer engsten Beziehung zur Chemie. S. 1 — 96).

Erstes Capitel.

Von den Kräften. (S. 1 — 4).

Cohäsion. 2. Adhäsion. 2. Chemische Verwandtschaft. 3.

Zweites Capitel.

Vom absoluten und specifischen Gewicht der Körper. (S. 5 — 20).

Begriff des absoluten und specifischen Gewichts. 5 und 6.

Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper. 7.

Bestimmung des specifischen Gewichts der Flüssigkeiten. 10.

Bestimmung des specifischen Gewichts der Gase und Dämpfe. 19 und 20.

Drittes Capitel.

Von den ätherischen Stoffen. (S. 21 — 96).

(Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus).

Erste Abtheilung. Wärme. (S. 21 — 53).

Vorbemerkung. Quellen der Wärme und Wärmetheorie. 22.
Fortpflanzung der Wärme durch Leitung und Strahlung. 23. Absorption, Reflexion und Diathermansie. 26. Messung der wechselnden Wärmemengen oder Temperaturgrade (Wärmemesser). 28.
Ausdehnung fester Körper. 32. Ausdehnung der Flüssigkeiten. 34.
Ausdehnung der gasförmigen Körper. 35. Einfluss der Wärme auf den Aggregatzustand der Körper. 36. Vom Sieden und Verdunsten. 39. Spannkraft der Dämpfe. 44. Condensation der Dämpfe und Gase. 45. Mischung der Gase mit einander und mit Dämpfen. 48. Wärmecapacität und specifische Wärme. 49. Calorimetrie. 50.
Chemischer Einfluss der Wärme. 53.

VIII

Zweite Abtheilung. Licht. (S. 54 — 69).

Vorbemerkung. (S. 54).

A. Vom Lichte im Allgemeinen. (S. 54 — 62).

Theoretische Ansichten. 54. Quellen des Lichts. 55. Reflexion. 57. Brechung des Lichts. 58. Zerlegung des Lichts (prismatische Farben). 59. Polarisation. 60. Anwendung des polarisirten Lichts bei chemischen Untersuchungen. 62.

B. Chemische Wirkungen des Lichts. (S. 63 — 69).

Wirkung der verschiedenfarbigen Strahlen auf chemische Verbindungen. 64. Photographie. 67.

Dritte Abtheilung. Elektrizität. (S. 70 — 93).

Vorbemerkung. (S. 70).

Elektrische Theorie. 71. Prüfung des elektrischen Zustandes der Körper (Elektroskop. Leiter und Nichtleiter. Isolatoren). 72. Die beiden Elektrizitätsflüssigkeiten (positive und negative E). 73. Elektrisirmaschine. 76. Elektrophor und Leidner-Flasche. 77. Condensator. 78. Contactelektrizität (Galvanismus). 79. Volta'sche Säule. 80. Ueber die Construction verschiedener galvanischer Ketten (Wollaston's Batterie. Daniell's Kette. Bunsen's und Grove's Batterie). 81. Elektrische Spannungsreihe. 84. Theorie der elektrischen Säule. (Contact-Theorie und chemisch-elektrische Theorie). 85. Chemische Wirkungen des elektrischen Stromes. 88. Stromstärke, Volta - Elektrometer. 91. Galvanoplastik. 92. Thermische Wirkungen des elektrischen Stromes. 93.

Vierte Abtheilung. Magnetismus. (S. 94 — 96).

Magnetismus. Magnetische Polarität. 94.

Anhang zu Abtheilung 3 und 4. Elektromagnetismus. Galvanometer. 96.

II.

Rein chemischer Theil.

Die Theoreme der allgemeinen Chemie oder des wissenschaftlich-chemischen Lehrgebäudes. (S. 97 — 224).

Einleitende Vorbemerkung. 97.

Viertes Capitel.

Chemische Verbindung und Verwandtschaftslehre (S. 98 — 109).

Chemische Verbindung (Charakter). 98. Verschiedene Wirkungsäusserung chemischer Verwandtschaft und die hypothetischen Ursachen chemischer Verbindungen. 104. Einfache und doppelte Wahlverwandtschaft. Prädisponirende Verwandtschaft. 102. Aufhebung chemischer Verbindungen. 103. Ueber die Entstehung und Entwicklung der Verwandtschaftslehre. 105. Katalyse. 108.

IX

Fünftes Capitel.

Die Elemente oder einfachen Grundlagen der chemischen Verbindungen. (S. 109—116).

Nomenclatur der Elemente und etymologische Ableitung derselben. 109. Gruppierung der Elemente. 114.

Sechstes Capitel.

Die verschiedenartigen chemischen Verbindungen (Nomenclatur und Classification, S. 117—157).

Ueber organische und unorganische Verbindungen im Allgemeinen. 117. Eintheilung der chemischen Verbindungen in Ordnungen. 120. Oxydationsstufen. (Oxyde, Säuren). 121. Schwefelungsstufen. 126. Verbindungen der Salzbilder. 127. Wasserstoffsäuren. 128. Classification der Säuren. 128. Classification der Basen. 129. Salze. 129. Amphidsalze (Sauerstoffsalze, Schwefelsalze). 130. Amphiddoppelsalze. 135. Haloidsalze 136. Haloiddoppelsalze 128. Uebersicht der wissenschaftlichen Classification der Salze. 141. Organische Verbindungen. (Erzeugung derselben. Grundstoffe). 143. Theorie der organischen Verbindungen. Theorie der organischen Radicale. 146. Substitutionstheorie. 148. Kerntheorie 149. Paarlings - Theorie. 150. Eintheilung der organischen Verbindungen. Classification der Radicale. 150. Die verschiedenen Ordnungen organischer Verbindungen. (Verbindungen der zusammengesetzten Radicale). 152. Eintheilung in Familien. 155.

Siebentes Capitel.

Die elektrochemische Theorie zur Erklärung des chemischen Processes. (S. 157—169).

Aeltere Verbrennungstheorie. 157. Begründung und Entwicklung der elektrochemischen Theorie. 159. Elektrochemische Reihe. 164. Elektrolyse unorganischer und organischer Verbindungen. 168.

Achtes Capitel.

Atomentheorie und die Constitution chemischer Verbindungen. (S. 169—209).

Atomistische Theorie. 169. Begriff von Aequivalent. 176. Beziehung zwischen Atom und Aequivalent. 176. Volumentheorie. 178. Beziehung zwischen Atom und Volumen. Atomvolumen. 179. Specifische Wärme der Atome oder Aequivalente. 183. Constitution chemischer Verbindungen. (S. 184—206). Formeln der atomistischen Zusammensetzung. 184. Constitution unorganischer Verbindungen. 188. Constitution organischer Verbindungen. 195. Isomerie. (Metamerie. Polymerie). 203.

Neuntes Capitel.

Beziehung der äusseren Form und chemischen Constitution. (S. 206—224).

Krystallform und Krystallsystem. 206. Dimorphie. 210. Isomorphie. 212. Gruppierung auf Isomorphie gegründet. 219. Zusammenstellung isomorpher Substanzen. 222.

III.

Mathematisch-chemischer Theil.

(Die zur Chemie in engster Beziehung stehenden mathematischen Operationen und deren Anwendung, S. 225 — 269).

Vorbemerkung. (S. 225).

Zehntes Capitel.

Die für den Chemiker wichtigsten Operationen aus der Arithmetik. (S. 225).

Vom Decimalbruch. 226. Einfache Gleichungen 230. Proportionslehre. 232. Anleitung zum Rechnen mit Logarithmen. 234.

Elftes Capitel.

Stöchiometrie. (S. 244).

Begriff der Stöchiometrie und Anleitung zu mathematisch-chemischen Rechnungen. (S. 244).

Begründung der stöchiometrischen Gesetze. 244. Fortsetzung von den Aequivalenten (Bestimmung des Aequivalents oder Atomgewichts). 244. Benutzung der ermittelten Aequivalentzahlen zur Berechnung analytischer Resultate. 249. Benutzung der Aequivalente für die Synthesis. 250. Anwendung der Aequivalentzahlen beim Entwurf empirischer und rationeller Formeln für organische Verbindungen. 253. Anwendung der Aequivalentzahlen zur Berechnung einer indirecten Analyse. 257.

Anhang zu Capitel XI. (S. 260).

Eine Zusammenstellung von Beispielen zu mathematisch-chemischen oder stöchiometrischen Rechnungen mit Anwendung der Logarithmen. (S. 264).

- I. Tabelle zu Beaumé's empirischer Aräometerscala. 270.
- II. Tabelle für die ermittelten specifischen Gewichte der Elemente. 271.
- III. Tabelle über die specifischen Gewichte einer Anzahl zusammengesetzter Körper. 273.
- IV. Tabelle über die ermittelten Aequivalente der Elemente (Sauerstoff. $O = 400$) nebst ihren vollständigen Logarithmen. 275.
- V. Tabelle der Aequivalente (Wasserstoff. $H = 4$). 276 u. 277.
- VI. Tabelle über das numerische Verhältniss der specifischen Wärme zu den Aequivalenten einiger Elemente. 278.

Einleitung.

Die Chemie macht einen Zweig der allgemeinen Naturwissenschaft aus, und ist, als Wissenschaft für sich betrachtet, die Lehre von der durch gewisse Kräfte bedingten Wechselwirkung ungleichartiger Körper auf einander. Sie macht uns, da wir sämtliche Körper aus bestimmten unzerlegbaren Grundstoffen oder Elementen bestehend annehmen, mit der Natur dieser Stoffe und den aus ihnen gebildeten Verbindungen bekannt. Sie lehrt uns auf der andern Seite aber auch die auf Erfahrung gegründeten Regeln und Gesetze kennen, nach denen wir in den Stand gesetzt werden, sowohl Verbindungen auf künstlichem Wege hervorzurufen, als auch zu zerlegen.

Diese so interessante und umfassende Wissenschaft, deren Grundpfeiler wir hier kennen lernen wollen, erstreckt sich über die gesamte leblose und lebende Körperwelt, so dass ihr gründliches Studium rücksichtlich ihrer verwandtschaftlichen Beziehungen eine gewisse Kenntniss der meisten übrigen naturwissenschaftlichen Disciplinen erfordert; vorzugsweise aber ist sie mit der Physik eng verwandt, obgleich das Streben beider Doctrinen ein verschiedenes ist und ihr Studium ganz von einander abweicht.

Die Physik im engeren Sinne beschäftigt sich mit den an der grossen Körperschaar wahrnehmbaren äussern Eigenschaften und Erscheinungen, ohne auf die innere Natur und deren Veränderungen Rücksicht zu nehmen, eine Aufgabe, die vielmehr der Chemie obliegt, da sie die Vorgänge studirt, welche bei der innigen Berührung oder Durchdringung ungleichartiger Körper sich ereignen. Aber dennoch lässt sich eine scharfe Grenze nicht ziehen, weil die Gebiete beider Wissenschaften so sehr in einander greifen, dass es oft streitig wird, welcher von beiden die Herrschaft einzuräumen ist.

Die Aggregatform und Dichtigkeit der Körper, das Verhalten derselben gegen Wärme, Licht und elektrische Einflüsse, oder z. B. die verschiedene Fähigkeit der Körper, die Wärme zu leiten, zu absorbiren und auszustrahlen, die verschiedenen Temperaturgrade, die Veränderungen des Aggregatzustandes durch die Wärme, die Einwirkung der Lichtstrahlen auf durchsichtige Körper und auf die chemische Thätigkeit, der elektrische Zustand und die zersetzende Kraft des elektrischen Stromes u. s. w. sind für den Chemiker wichtige Erscheinungen, die in einer solchen engen Beziehung zu den

chemischen Actionen stehen, dass sie einen Antheil an der allgemeinen Chemie beanspruchen dürfen, wenn sie auch im weitern Sinne oder in ihrem ganzen Umfange wirklich dem Gebiete der Physik angehören.

Ebenso wie die Physik hat auch die Mathematik, seit Dalton die ersten Grundlagen zu einem vollständigen Systeme der chemischen Proportionen legte, einen innigen, wenn auch nur kleinen Antheil an dem wissenschaftlich-chemischen Lehrgebäude.

Sind die mathematisch-chemischen Operationen auch nur einfach, so tragen sie doch eine bedeutungsvolle Wichtigkeit in sich, denn durch die bestimmten mathematischen Verhältnisse, in denen die Stoffe mit einander verbunden sind, wird der wahre Charakter einer chemischen Verbindung bedingt und ausgeprägt, so dass die Mathematik mit einigen ihrer einfachen Operationen als eine kräftige Stütze des chemischen Lehrgebäudes betrachtet werden muss, und dieses folglich auch einen mathematischen Zweig in sich schliesst.

Aus dem Gesagten leuchtet nun wohl ein, dass, um das gemeinsame Band der Chemie kennen zu lernen, die Physik und Mathematik beim Studium der allgemeinen chemischen Fundamente und Wahrheiten bis zu einem gewissen Grade eine genaue Berücksichtigung verdienen, wie es hier im Vorliegenden geschehen soll.

Fragen wir nun endlich auch nach dem Ursprunge des Namens unserer Wissenschaft oder des Wortes Chemie, so müssen wir uns leider gestehen, dass derselbe mit Richtigkeit nicht zu bestimmen ist, wiewohl es an wahrscheinlichen Ableitungen nicht fehlt. Früher hielt man dafür, dass dieser Name, zusammenhängend mit dem Worte Alchemie, arabischer Abstammung sei, eine Meinung, die dadurch sehr gefördert wurde, dass das erste Werk über Chemie von einem Araber verfasst ist. Jedoch werden namentlich durch griechische Schriftsteller (z. B. Zosimos, 400 n. Chr. Geb.) Beweise geliefert, dass die Worte $\chiημία$ oder $χημεία$ älter sind als das Wort Alchemie, dessen Bildung aus diesen und dem arabischen al entstanden sein soll, ja sogar noch früher findet man bei dem römischen Schriftsteller Firmicus (350 n. Chr. Geb.) schon die Worte *scientia chemiae*. Rücksichtlich einer andern Etymologie, welche sich auf die chemischen Operationen bezieht, muss bemerkt werden, dass manche das Wort Chemie von $χέω$, $χεύω$, ich schmelze, und Andere von $χυμός$, Saft, Flüssigkeit ableiten.

Als grösste Wahrscheinlichkeit aber wird die Herstammung von dem Worte $\chiημία$, Chemia, womit nach Plutarch die Aegypter ihr Land wegen des schwarzen Erdreichs bezeichneten, angenommen, da man der Vermuthung Raum giebt, dass in Aegypten sich die ersten Keime unserer Wissenschaft zeigten und dort der erste Versuch zur Sammlung chemischer Thatsachen gemacht wurde. Ueberhaupt hat man jetzt die Ueberzeugung gewonnen, dass der Name Chemie entweder von den Aegyptern oder Griechen herstammt.

I.

Physikalisch-chemischer Theil.

Erstes Capitel.

Von den Kräften.

Cohäsion, Adhäsion, chemische Verwandtschaft.

§. 1. Wir denken uns die Materie eines Körpers aus einem Aggregat kleiner Theilchen bestehend, welche in mehr oder minder grosser Entfernung neben einander gelagert sind, und je nach ihrer Anordnung oder Anzahl einen grössern oder kleinern Raum einnehmen.

Man nennt diese kleinen Theilchen gewöhnlich Atome (aus dem Griechischen von dem α privativum und τέμνειν zerschneiden), indem man sie als nicht ins Unendliche theilbar betrachtet. (Siehe atomistische Theorie im zweiten Theile).

Hat man jedoch diese Untheilbarkeit nicht im Auge, so kann man nicht unpassend für die kleinen gleichartigen Theilchen eines und desselben Körpers auch den Ausdruck Moleküle (Massentheilchen) wählen.

Wären die Massentheilchen übrigens nur neben einander gruppiert oder gelagert und nicht auf eine bestimmte Weise verbunden, so könnten sie keinen wirklichen Körper bilden, sondern würden nur als eine angehäuften, unzusammenhängende, Staub ähnliche Masse erscheinen. Es müssen demnach gewisse Ursachen zu Grunde liegen, welche ein mehr oder weniger festes Zusammenhängen der Theilchen bedingen und von denen mithin der Aggregatzustand der Körper abhängig ist.

Diese hypothetisch angenommenen Ursachen, welche nicht allein den eigenthümlichen Aggregatzustand eines Körpers bedingen, sondern auch Veränderungen in der Materie desselben hervorbringen, bezeichnen wir als Kräfte. Der Begriff dieses Ausdrucks darf jedoch nicht mit dem verwechselt werden, welchen jene Kräfte, die in gewissen Entfernungen, wie z. B. die Schwerkraft

(Gravitation) wirken, in sich schliessen. Wir verstehen vielmehr hier unter Kräften die bedingenden Ursachen der Aggregatform eines Körpers und der Veränderungen in der Materie desselben.

Sämmtliche bis jetzt angestellte Beobachtungen haben uns gelehrt, dass wir in Bezug auf die Aggregatform der Körper nur drei Zustände derselben, nämlich den starren (festen), flüssigen und gasförmigen unterscheiden können. Diese verschiedenen Zustände sind von dem stärkern oder schwächeren Zusammenhange der gleichartigen Theile des Körpers abhängig, dem wir eine Anziehungskraft, welche Cohäsion oder Zusammenhangskraft genannt wird, zu Grunde legen. Je mehr die Cohäsion ihre Wirksamkeit geltend macht, desto schwieriger ist es, durch äussere Einwirkungen die Theilchen eines Körpers zu trennen, desto weniger überwindlich, einen festen Körper in einen flüssigen oder einen flüssigen in einen gasförmigen zu verwandeln; oder mit kurzen Worten: Je mächtiger die Cohäsion unter den Theilchen eines Körpers wirksam ist, desto schwieriger lässt sich der dem Körper eigenthümliche Aggregatzustand vernichten oder verändern. Sie bietet also namentlich den äussern zerstörenden Einwirkungen auf starre Körper, unter deren Theilchen sie sich natürlich am meisten geltend macht, einen hartnäckigen Widerstand und ist die Feindin solcher Hilfsmittel, die dazu angewandt werden.

§. 2. Von der Cohäsion haben wir eine andere Anziehungskraft, die Adhäsion (Anhaftungskraft) zu unterscheiden.

Während die Cohäsion, wie aus dem Gesagten hervorgeht, die gleichartigen Theile eines und desselben Körpers zusammenhält und sich im Innern der Massen wirksam zeigt, bezieht sich die Adhäsion auf das Zusammenhaften der Oberflächen, sowohl gleichartiger als auch ungleichartiger Körper.

Die Wirkungen dieser Anziehungskraft können wir täglich im Leben wahrnehmen und uns leicht vorführen. Werden zwei Stücke eines leicht dehnbaren Metalls durch Klopfen auf einander gepresst, oder berühren sich die glatten Oberflächen zweier Körper der Art, dass sie sich nicht leicht wieder von einander bringen lassen, so schreibt man das Anhaften an einander der Wirkung der Adhäsion zu. Nicht minder ist das Anhängen des Wassers an einer Glasfläche, sowie mancher Bindemittel, deren man sich bedient, um zwei Körper festzuhalten, derselben Kraft zuzuschreiben. Sehr deutlich bemerkt man die Wirkung der Adhäsion, wenn man ein Glas mit Wasser so weit anfüllt, dass es fast überzulaufen beginnt; man wird wahrnehmen, dass sich eine erhabene Oberfläche bildet, weil die Flüssigkeit am Rande des Glases anhaftet, und das Wasser nur dann überläuft, wenn man dem Glase nach der einen oder andern Seite das Uebergewicht giebt.

§. 3. In anderer Weise wie die beiden angeführten Kräfte tritt die Wirksamkeit einer Kraft auf, welche wir als die Ursache der innigen Verbindungen heterogener (an Natur ganz verschiedener) Körper annehmen, und welche wir, da sie als die Grundlage chemischer Verbindungen betrachtet wird, nicht unpassend chemische

Anziehungskraft nennen könnten. Seitdem aber von dem Chemiker Boerhave das Wort Verwandtschaft der Chemie einverleibt ist, bezeichnet man sie allgemein als chemische Verwandtschaft (Affinität).

Um diese Kraft genau von der Cohäsion und Adhäsion zu unterscheiden, möchte folgende Definition vor Allem nöthig sein: Die chemische Verwandtschaft ist eine Kraft, durch welche die kleinsten Theile ungleichartiger Körper gegenseitig angezogen werden und in der Weise Veränderungen erleiden, dass durch diese Vereinigung neue Körper entstehen, die in ihren Eigenschaften von jenen sie zusammensetzenden abweichen.

Für die Bedeutung des Wortes Verwandtschaft in der Chemie muss angeführt werden, dass dasselbe in dieser Wissenschaft in einem ganz andern Sinne wie im gewöhnlichen Sprachgebrauche genommen wird.

Während man in der Regel solche Dinge oder auch Erscheinungen verwandt nennt, welche in manchen ihrer Eigenschaften übereinstimmen, überhaupt in gewisser Beziehung analog sind, verbindet die Chemie mit diesem Ausdrucke einen ganz andern Begriff. Denn wir werden uns später vielfach davon überzeugen, dass sich namentlich die Stoffe, welche rücksichtlich ihrer Natur und Eigenschaften am entferntesten stehen und ganz besonders von einander abweichen, die grösste Affinität zu einander haben. Wir brauchen nur darauf hinzudeuten, wiewohl dieses uns noch deutlicher vorgeführt werden wird, dass unter den Stoffen, welche wir als einfache Elemente bezeichnen, diejenigen, welche den Metallen angehören, eine ausserordentliche Verwandtschaft zu den von ihnen sehr verschiedenen Nichtmetallen zeigen.

Das Resultat der Wirkungsäusserung der chemischen Verwandtschaft ist die chemische Verbindung, welche hier nur erwähnt wird, aber im chemischen Theile ausführlicher den Gegenstand unsers Raisonnements ausmachen wird. Um aber chemische Verbindungen hervorzurufen, um also die Aeusserung der Kraft wahrzunehmen, ist durchaus die Bedingung nöthig, dass diejenigen Körper, unter denen eine Vereinigung stattfinden soll, in unmittelbare oder wenigstens sehr nahe Berührung mit einander kommen, ausserdem ist eine gegenseitige Durchdringung der kleinsten Theilchen nicht möglich. Die innige Berührung, so wie mithin die Aeusserung der chemischen Verwandtschaft erfordert aber bei manchen Körpern eine Verminderung der Cohäsion, welches namentlich bei festen Körpern der Fall ist. Zwei feste Körper, die in einem veränderten Aggregatzustande oder bei Vernichtung der mechanischen Zusammenhangskraft eine lebhafte Einwirkung auf einander äussern würden, sehen wir oft todten neben einander liegen; vermindern wir aber das Zusammenhängen ihrer Theilchen durch Zerkleinern, so werden wir sichtbar bei einer Mengung eine Zuneigung zu einander oder eine Verwandtschaft beobachten können, die sich in der Weise an den Tag legt, dass wir aus den nunmehr

im zerkleinerten Zustande zusammengebrachten Körpern einen ganz neuen entstehen sehen. Es giebt übrigens sehr wenige Fälle, in denen feste Körper selbst im zerkleinerten Zustande sich chemisch verbinden. Dagegen äussert sich die Wirkung der Verwandtschaft viel lebhafter und häufiger, wenn die Körper im flüssigen Aggregatzustande mit einander in Berührung gebracht werden, weil die Beweglichkeit der Theilchen eines flüssigen Körpers und die schwächere Cohäsion eine innigere Berührung zulassen. Es ist daher nöthig, wenn man unter zwei Körpern eine chemische Verbindung hervorrufen will, dass man wenigstens einen oder besser beide in den flüssigen Zustand versetzt. Um dieses zu bewerkstelligen, muss man die Körper entweder auflösen oder schmelzen, welches mit Hülfe eines Auflösungsmittels und der Wärme geschieht, wovon später ausführlicher die Rede sein wird.

Nichtsdestoweniger begünstigt aber auch die Gasform die Verbindung der Stoffe, da die einzelnen Theilchen wegen des Mangels an Cohäsion sich leicht durchdringen und in einander fliessen; es lässt sich sehr leicht denken, dass, wenn die Stoffe, welche überhaupt für eine gegenseitige chemische Einwirkung incliniren, ihnen diese der gasförmige Zustand erleichtert, wiewohl auch hierbei oft die Wärme erst die Verbindung vermitteln muss.

Ueberhaupt spielt die Wärme bei der chemischen Vereinigung der Körper eine bedeutende Rolle; sie ist sowohl der Erzeugung chemischer Verbindungen förderlich als auch wieder hinderlich; wir beobachten, dass bei der chemischen Thätigkeit Wärme frei und auch gebunden wird. Ebenso ist auch das Licht von einem wesentlichen Einfluss auf die Verbindungen der Stoffe, und wir werden daher sowohl Wärme als auch das Licht, insofern ihre Erscheinungen für uns von Interesse sind, in besondern Capiteln besprechen.

§. 4. Gar oft machen wir die Beobachtung, dass Körper sich nicht so leicht direct, sondern erst in Folge der Wirkung einer Kraft (einer besondern Art von Verwandtschaft), der sogenannten Wahlverwandtschaft oder prädisponirenden Verwandtschaft vereinigen.

Diese Kraft macht ihre Wirkung dann geltend, wenn zwei oder mehrere Körper sich bereits in Verbindung befinden, und es kommt nun ein anderer hinzu, welcher eine vorherrschende Affinität zu einem der die fragliche Verbindung constituirenden Stoffe hat, sich mit demselben verbindet und den übrigen ausstösst. Es tritt also durch die vorherrschende Neigung eine Zersetzung ein. Man kann manche Körper fortwährend miteinander in Berührung lassen, ohne dass sie sich miteinander verbinden; bringt man aber noch einen dritten hinzu, so tritt vermöge der prädisponirenden Verwandtschaft desselben sogleich eine chemische Thätigkeit ein. Der Körper M und der Körper N gehen, miteinander in Berührung gebracht, keine Verbindung ein; ist aber N mit dem Körper O verbunden und man fügt M hinzu, so entsteht eine Verbindung $M + N$.

Möge übrigens das, was wir hier über die chemischen Kräfte besprochen haben und für den allgemeinen Begriff derselben, so wie zum Unterschied von der Cohäsion und Adhäsion dienen soll, einstweilen genügen, denn wir werden später bei der chemischen Verbindung Gelegenheit haben, auf die Wirkung dieser Kräfte genauere Rücksicht zu nehmen.

Zweites Capitel.

Vom absoluten und specifischen Gewicht der Körper.

§. 5. Wir redeten im vorigen Capitel von Kräften, welche im Innern der Materie eines Körpers wirken, so wie auch von solchen, welche bei naher Berührung der Körper ihren Einfluss geltend machen und Veränderungen hervorrufen; wir gehen jetzt zu den Wirkungen einer andern Kraft über, welche die Erde auf alle Körper, die sich auf ihr befinden, in mehr oder minder grössern Entfernungen ausübt und welche wir Attraction oder Gravitation nennen. Sämmtliche Körper haben ein Streben zu fallen, welches um so mächtiger ist, je grösser sich die Anzahl ihrer Masseneinheiten beläuft; in der Regel bezeichnet man dasselbe als die Schwere der Körper, welche mit ihren Massen im Verhältniss steht. Wird diesem Streben ein Hinderniss in den Weg gelegt, so üben die Körper einen Druck auf ihre Unterlage aus, dessen Stärke man das Gewicht der Körper nennt, und welches ebenfalls, wie schon aus dem Obigen hervorgeht, der Masse der Körper proportional ist.

Um aber das Gewicht oder den Druck, welchen ein Körper ausübt, zu ermitteln und mit einem andern Körper vergleichen zu können, muss man Mittel zur genauen Bestimmung anwenden, wodurch dann zugleich die Massen der Körper genau angegeben werden. Diese Bestimmung der Massen oder Gewichtseinheiten erfährt man auf der Wage, indem man durch bestimmte, bereits gegebene, Gewichtseinheiten den Körper im Gleichgewicht zu halten sucht. Hat man auf solche Weise die Summe der Massen- oder Gewichtseinheiten eines Körpers ermittelt, so nennt man das Resultat sein absolutes Gewicht. Spricht man daher von einem Körper, dass er schwerer sei als ein anderer, so heisst das, er besitzt ein grösseres absolutes Gewicht, oder seine Masseneinheiten sind an Zahl beträchtlicher, als die eines andern, ohne dass man das Volumen oder den Raum des Körpers dabei berücksichtigt. Um aber von dem wirklichen absoluten Gewichte sich Rechenschaft geben und dasselbe controliren zu können, hat man gewisse Gewichtseinheiten entworfen, die als Norm dienen, und nach denen man normirte in Gebrauch genommen hat.

Zuerst nahm man in Frankreich rationelle Längenmaasse an, nämlich das Mètre oder Meter, eine Einheit, unter welcher man sich den zehnmilliontesten Theil des Quadranten vom Erdmeridian zu denken hat. Mit den mehr im gewöhnlichen Leben gebräuchlichen Maassen verglichen, hält dieses Maas 3,078 pariser Fuss oder 3,486 rheinländische Fuss. Wie alle französischen Maasse wird auch das Meter nach dem Decimalsystem eingetheilt, und demnach hat 1 Meter 10 Decimeter, 1 Decimeter 10 Centimeter und 1 Centimeter 10 Millimeter.

Als Gewichtseinheit für die Wage zu wissenschaftlichen Zwecken ist fast überall das Gramm (von jenem Längenmaasse entnommen) eingeführt, welches dem Gewichte eines Cubikcentimeters reinen Wassers bei grösster Dichtigkeit entspricht. Das Gramm wird als eigentlich französisches Normalgewicht ebenfalls nach dem Decimalsystem eingetheilt, und daher hat 1 Gramm 10 Decigramme, 1 Decigramm 10 Centigramme und 1 Centigramm 10 Milligramme. Im gewöhnlichen Leben hat man bekanntlich noch andere verschiedene Maasse und Gewichte, beschränken wir uns jedoch hier auf die angeführten, welche in der Wissenschaft gebräuchlich sind.

§. 6. Wichtiger als das absolute Gewicht ist für unsern Zweck die Besprechung des sogenannten specifischen Gewichts oder der Dichtigkeit der Körper.

Die Dichtigkeit der Körper ist das Verhältniss ihres Gewichts zu ihrem Volumen und dieser Begriff fällt mit dem des specifischen Gewichts genau zusammen.

Unter relativem oder specifischem Gewichte der verschiedenen Körper verstehen wir das Resultat der Gewichtseinheiten bei gleichem Volumen, während das absolute Gewicht, wie wir erfahren haben, als die Summe der Masseneinheiten der Körper, ohne Rücksicht auf ihr Volumen, anzusehen ist.

Sagt man im Allgemeinen: Eisen ist schwerer als Holz, Weingeist leichter als Wasser u. s. w., so will man damit andeuten, dass diese Substanzen und Flüssigkeiten bei gleichem Volumen eine Gewichtsverschiedenheit zeigen, dass nämlich eine beliebige Quantität Eisen schwerer ist, als eine dem Raume nach gleiche Quantität Holz, dass eine beliebige Menge Weingeist leichter ist, als eine dem Volumen nach gleich grosse Menge Wassers.

Die nächste Frage ist nun wohl, auf welche Weise man das specifische Gewicht der Körper ermittelt. Die Benennung relatives Gewicht sagt uns schon, dass man nur die Gewichte der Körper im Vergleich zu einem bestimmten Körper von gleichem Volumen zu ermitteln hat. Man muss also einen Körper als Einheit annehmen, den man mit 1 bezeichnet; sagt man z. B. das specifische Gewicht eines Körpers sei 6,5, so hat man darunter zu verstehen, dass er bei gleichem Volumen $6\frac{1}{2}$ mehr wiege als der zur Einheit angenommene Körper. Würde man nun als Einheit einen starren Körper angenommen haben, so wäre manche Schwierigkeit zu überwinden, da es sich nicht immer gut macht, dass man genau gleich grosse Volumina fester Körper herausbringt; leichter ist es

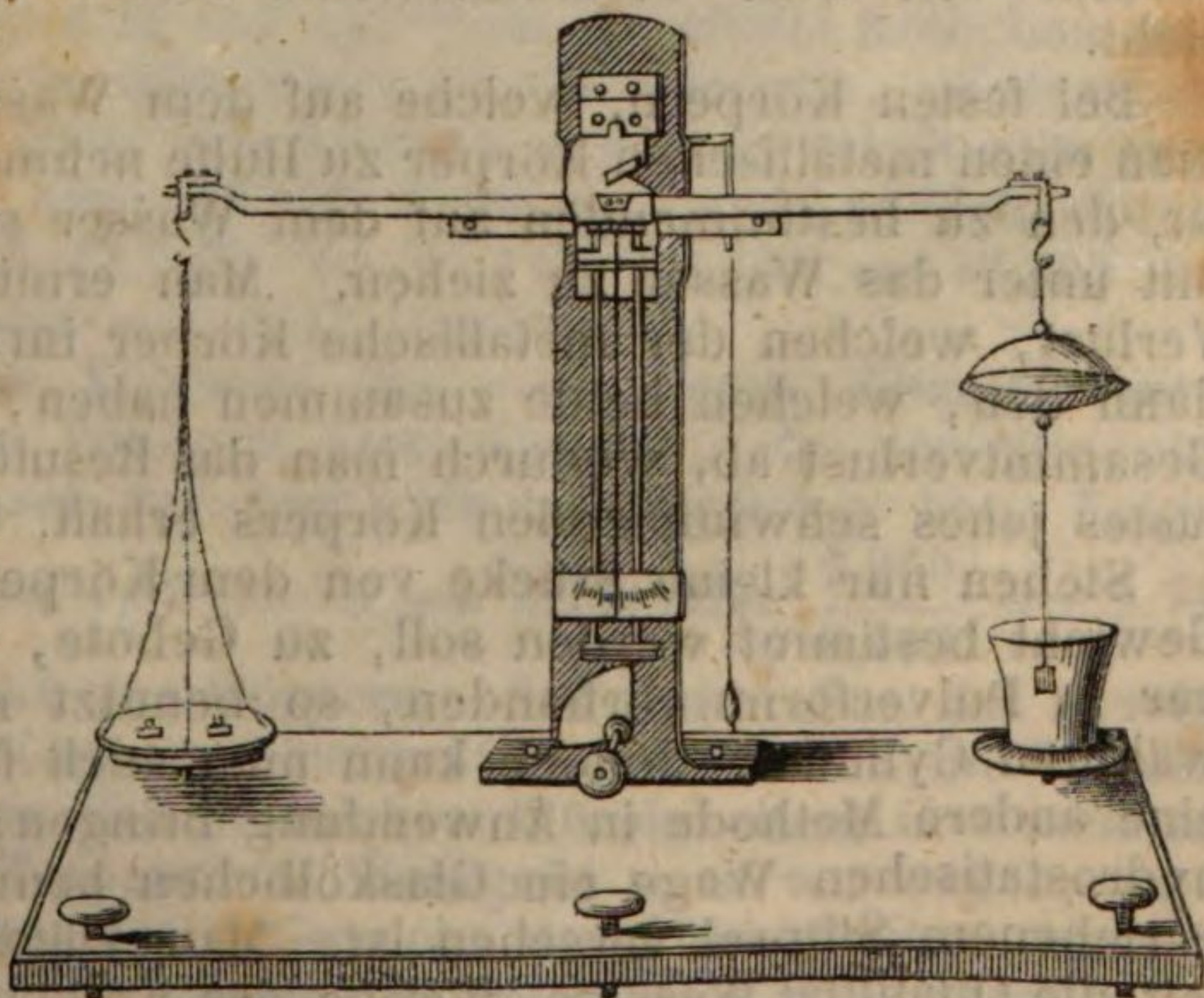
dagegen, gleich grosse Volumina fester und flüssiger Körper mit einander zu vergleichen. Man hat deshalb das Wasser, da dieses sich an allen Orten findet und auch von allen Flüssigkeiten am reinsten zu haben ist, als Einheit angenommen. Also können wir sagen, um uns die gestellte Frage zu beantworten, dass man das specifische Gewicht eines Körpers findet, wenn man das absolute Gewicht desselben durch das Gewicht eines gleich grossen Volumens Wasser dividirt. Wenden wir dieses z. B. auf Blei an, und vergleichen das Gewicht einer dem Volumen des Wassers entsprechenden Menge Blei mit jenem, so wird sich ergeben, dass das Blei 11,4 mal schwerer ist als Wasser, oder vielmehr, dass das specifische Gewicht des Bleis $= 11,4$ ist.

Specifisches Gewicht fester Körper.

§. 7. Am einfachsten ist, wie wir später sehen werden, das specifische Gewicht der Flüssigkeiten zu ermitteln; jedoch ist es auch nicht so schwierig, wie es wohl scheint, die gleichen Volumina eines festen Körpers mit dem des Wassers rücksichtlich des Gewichts zu vergleichen, wenn man das Archimedische Princip in Anwendung bringt. Nach diesem Princip nämlich verliert jeder in eine Flüssigkeit eingetauchte Körper so viel von seinem Gewichte, als die aus der Stelle getriebene Flüssigkeit wiegt, oder besser ausgedrückt: Wird ein Körper in eine Flüssigkeit eingetaucht, so wird ein Theil seines Gewichts, welcher dem Gewichte der aus der Stelle getriebenen Flüssigkeit entspricht, von der Flüssigkeit getragen. Man hat daher hauptsächlich ins Auge zu fassen, dass der Gewichtsverlust, welchen ein Körper unter Wasser erleidet, dem Gewichte eines gleich grossen Volumens Wasser entspricht.

Um nun die Bestimmung des specifischen Gewichts mit Hülfe dieses Principes auszuführen, bedient man sich der sogenannten hydrostatischen Wage (Fig. 1), welche hinsichtlich ihrer Construction einer feinen chemischen Wage entspricht, sich aber dadurch von dieser unterscheidet, dass an dem einen Ende des Wagebalkens sich eine an kurzen Schnüren aufgehängte Schale befindet, die an der

Fig. 1.



untern Seite mit einem kleinen Haken versehen ist, an welchem der zu bestimmende Körper befestigt werden kann. Man kann daher eine jede gute chemische Wage dazu benutzen und braucht nur die eine Schale mit der erwähnten zu wechseln.

Ist der fragliche Körper im Wasser unlöslich und in festen Stücken zu haben, so ist die Bestimmung seines specifischen Gewichts keinen grossen Schwierigkeiten unterworfen. Man wägt zunächst den Körper in der Luft, indem man ihn auf die kurzgehängte Wagschale legt und das Gewicht notirt; alsdann befestigt man ihn mittelst einer Schlinge an einem Silber- oder Platinadraht, hängt diesen mit dem Körper an das auf der untern Seite befindliche Haken (vorausgesetzt, dass das Gleichgewicht der Wage durch den befestigten Draht nicht gestört oder vielmehr wieder hergestellt worden ist) und senkt den Körper in ein Gefäss mit destillirtem Wasser. Man wird bald wahrnehmen, dass das Gleichgewicht gestört ist und sieht sich daher genöthigt, um dieses wieder herzustellen, auf die kurzhängende Wagschale Gewicht zu legen, bis man seinen Zweck erreicht hat.

Das auf die kurzhängende Schale gelegte Gewicht giebt natürlich den Gewichtsverlust an, welchen der Körper im Wasser erleidet und dieser Verlust ist nach Obigem mit dem absoluten Gewicht eines dem Volumen des Körpers gleichen Volumens Wasser übereinstimmend. Mithin hat man auf diese Weise das absolute Gewicht des Körpers und dasjenige eines gleich grossen Volumens Wasser erfahren und nur nöthig, das erstere durch das letztere zu dividiren.

Man kann übrigens anstatt des Aufhängens mittelst eines Drahtes auch einen kleinen Cylinder von Glas oder Metall wählen und in diesem den Körper unter Wasser wägen, wobei zu berücksichtigen ist, dass man, nachdem man das absolute Gewicht des Körpers bestimmt hat, den Gewichtsverlust des Cylinders unter Wasser von dem Gesamtverlust dieses und des Körpers abzieht.

Bei festen Körpern, welche auf dem Wasser schwimmen, muss man einen metallischen Körper zu Hülfe nehmen, welcher im Stande ist, den zu bestimmenden auf dem Wasser schwimmenden Körper mit unter das Wasser zu ziehen. Man ermittelt dann zuerst den Verlust, welchen der metallische Körper im Wasser erleidet, alsdann den, welchen beide zusammen haben, und zieht jenen vom Gesamtverlust ab, wodurch man das Resultat des wirklichen Verlustes jenes schwimmenden Körpers erhält.

Stehen nur kleine Stücke von dem Körper, dessen specifisches Gewicht bestimmt werden soll, zu Gebote, oder ist derselbe nur gar in Pulverform vorhanden, so benutzt man ebenfalls den erwähnten Cylinder. Jedoch kann man auch für diesen Zweck noch eine andere Methode in Anwendung bringen, indem man statt der hydrostatischen Wage ein Glaskölbchen benutzt, welches mit eingeriebenem Stöpsel versehen ist. Man wägt dasselbe und ermittelt die Quantität Wassers, welche das Kölbchen zu fassen vermag,

wobei jedoch die Temperatur genau zu berücksichtigen ist. Als-
dann wägt man den Körper, wie gewöhnlich auf einer Wage,
bringt hierauf denselben in das leere Kölbchen und füllt es mit
Wasser, nimmt abermals eine Wägung vor, die ein geringeres Re-
sultat ergeben wird, da durch den in das Kölbchen getragenen Kör-
per Wasser verdrängt worden ist. Zieht man nun dieses Gewicht
von dem, was das leere Fläschchen fassen kann, ab, so erfährt man
natürlich das Gewicht des verdrängten Wassers, welches dem Vo-
lumen des Körpers gleich ist.

Es mögen nun unserm bisherigen Raisonement für die prak-
tische Ausführung einige Beispiele hinzugefügt werden.

Es soll z. B. mittelst der hydrostatischen Wage das speci-
fische Gewicht des Eisens bestimmt werden: Ein dazu verwandtes
Stück Eisen wiege 8,090 Gramme; dasselbe verliert im Wasser ge-
wogen 4,050 Gramm; mithin beträgt das specifische Gewicht des
Eisens $\frac{8,090}{4,050}$ oder 7,7. Es soll ferner z. B. das specifische Gewicht

eines auf Wasser schwimmenden Körpers, etwa eines Korkes, be-
stimmt werden: Der Kork wiege 0,732 Gramm, der Draht und
das zu Hülfe genommene Stück Metall verlieren im Wasser 4,400
Gramme, Metall, Draht und Kork verlieren aber zusammen im Was-
ser 4,450 Gramme, folglich verliert der Kork allein 3,050 Gramme.
Also wiegt ein dem Volumen von 0,732 Gramm Kork glei-
ches Volumen Wasser 3,050 Gramme und es ist $\frac{0,732}{3,050} = 0,24$ das

specifische Gewicht des Korks.

Es soll das specifische Gewicht eines pulverförmigen Körpers
mit Hülfe des erwähnten Glaskölbchens ermittelt werden. Das Kölb-
chen wiegt leer 5,445 Gramme, mit Wasser angefüllt 46,225 Gramme,
fasst also nach Abzug der Tara (von 5,445 Gramme) 41,440 Gramme
Wasser. Der zu bestimmende Körper wiegt in der Luft 2,250
Gramme. Ist der Körper in das mit Wasser gefüllte Kölbchen ge-
bracht, so wiegt dieses zusammen 47,872 Gramme. Subtrahirt
man nun hiervon die Tara, also 5,445 Gramme, so erhält man den
Inhalt des Kölbchens oder 42,757 Gramme, und endlich durch
Subtraction dieser Zahl (42,757) von $(41,440 + 2,250) = 43,360$ die
des verdrängten Wassers $= 0,603$ Gramm.

Diese Zahl für das Volumen des verdrängten Wassers ent-
spricht natürlich dem Volumen des Körpers, da derselbe ein
gleiches Volumen Wasser aus dem Kölbchen verdrängt hat. Folg-
lich ist $0,603 : 2,250 = 1,00 : x$. $x = 3,73$ oder $\frac{2,250}{0,603} = 3,73$

das specifische Gewicht des Körpers. Soll nun aber das speci-
fische Gewicht eines Körpers bestimmt werden, der im Wasser
löslich ist, so muss man ihn in solchen Flüssigkeiten, in denen er
unlöslich ist, z. B. in Terpentinöl, Weingeist u. s. w., wägen, wo-
bei man jedoch das specifische Gewicht der Flüssigkeiten zu be-
rücksichtigen hat. Ein in Terpentinöl unlösliches Salz wiegt z. B.

6,240 Gramme und verliert im Terpentinöl (dessen specifisches Gewicht 0,872) gewogen 3,400. Folglich ergiebt $\frac{6,240}{3,400} = 3,040$ und

diese Zahl mit dem specifischen Gewichte des Terpentinöls, nämlich mit 0,872 multiplicirt, also 4,744 sich als das specifische Gewicht des Salzes.

§. 8. Bevor wir zu den Methoden der Bestimmung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten übergehen, möge noch eines Instrumentes Erwähnung gethan werden, welches man namentlich früher zur Bestimmung des specifischen Gewichts starrer Körper angewandt hat. Dieses Instrument ist ein Aräometer oder die sogenannte Senkwage mit Gewichten, gewöhnlich unter dem Namen Nicholson's Aräometer angeführt. Dasselbe bildet (Fig. 2) einen

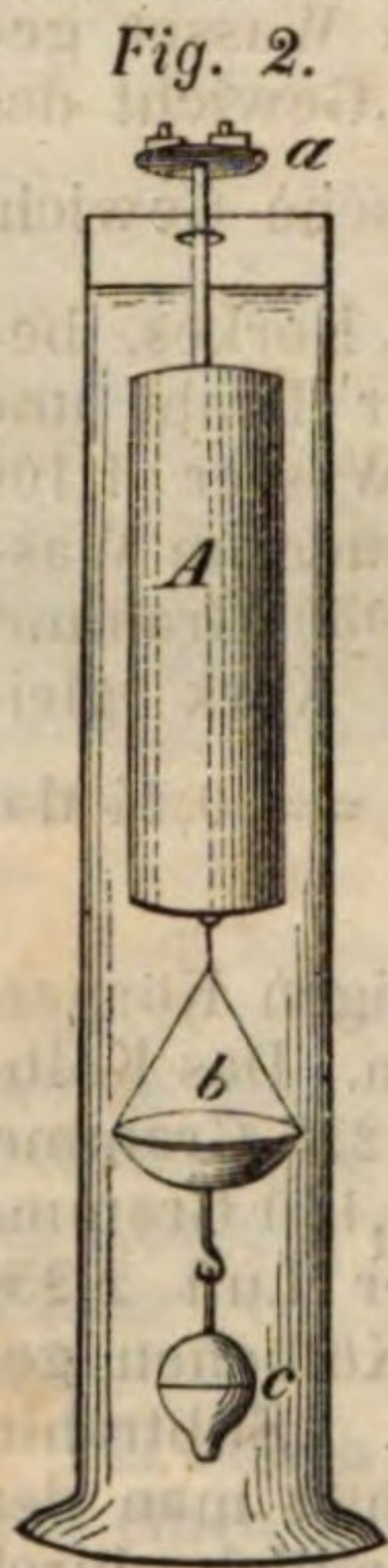


Fig. 2. hohlen Körper A von Metall, an welchem sich unten eine mit Quecksilber gefüllte Kugel c befindet, oben aber ein feines Stäbchen angebracht ist, welches einen Teller a trägt, von der Grösse, dass man kleine Körper und Gewichte auf denselben legen kann. Taucht man dieses Instrument ins Wasser, so schwimmt dasselbe wegen der unten befindlichen mit Quecksilber gefüllten Kugel c aufrecht, so dass der oberste Theil aus dem Wasser hervorragt. Will man nun das specifische Gewicht eines starren Körpers bestimmen, so legt man denselben auf den Teller und das Instrument sinkt dann weiter ein, welches man so weit befördern kann, dass es bis zu einem Punkte eingesenkt ist, welchen man gewöhnlich durch einen Feilstrich bezeichnet hat. Alsdann nimmt man den zu bestimmenden Körper hinweg und legt statt dessen so viele Gewichte auf, bis das Instrument wieder bis zu dem bezeichneten Punkte einsinkt. Hat man z. B. statt des Minerals r Milligramme aufgelegt, so ist das absolute Gewicht desselben $= r$. Nun legt man den zu bestimmenden Körper in ein Körbchen b, welches sich zwischen dem hohlen Körper und der Kugel befindet, und das ganze Instrument müsste jetzt eigentlich wieder bis zu dem Feilstrich einsinken; da aber der Körper im Wasser an Gewicht verliert, so wird man noch s Gewichte, welche das verdrängte Volumen Wassers angeben, auflegen müssen, um das Instrument wieder bis zum Merkzeichen einsinken zu lassen. Das absolute Gewicht des Körpers m ist also $= r$; das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser $= s$, folglich ist das specifische Gewicht $x = \frac{r}{s}$.

Specifisches Gewicht der Flüssigkeiten.

§. 9. Um das specifische Gewicht von Flüssigkeiten zu bestimmen, könnte man sich ebenfalls des Nicholson'schen Aräometers

bedienen, jedoch benutzt man lieber, da dieses etwas umständlich sein würde, die sogenannten Scalenaräometer, wovon später die Rede sein wird. Als eine sehr zweckmässige Methode zur Bestimmung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten darf indessen vorzugsweise folgende angeführt werden, da sie bei richtiger Ausführung sehr genaue Resultate liefert und in ihrer Anwendung sehr einfach ist, zugleich aber hat sie auch noch den Vorzug, dass man nicht so grosse Quantitäten von Flüssigkeit gebraucht, wie zur Benutzung der Scalenaräometer erforderlich sind.

Man füllt nämlich ein Glasfläschchen mit gut eingeriebenem Stöpsel von beliebigem Rauminhalt (ungefähr 30 bis 50 Gramme destillirten Wassers fassend), nachdem dasselbe, gehörig gereinigt und getrocknet, auf der Wage genau gewogen ist, mit destillirtem Wasser und entfernt durch vorsichtiges Klopfen des Glases die etwa vorhandenen Luftblasen, drückt rasch den Stöpsel ein und wägt nun nach sorgfältigem Abtrocknen des Fläschchens dasselbe wieder von Neuem. Nach Abzug des absoluten Gewichts des leeren Fläschchens von dem des gefüllten erhält man genau das absolute Gewicht des Volumens destillirten Wassers.

Man entleert nun das Fläschchen, füllt es, nachdem es gehörig getrocknet, mit der zu bestimmenden Flüssigkeit und wägt abermals. Von dem so erhaltenen Gewichte zieht man das absolute Gewicht des leeren Fläschchens ab und erhält dadurch dasjenige des Volumens der Flüssigkeit, welches man, um das specifische Gewicht der Flüssigkeit zu erfahren, durch das absolute Gewicht des destillirten Wassers dividiren muss, da sich jenes Gewicht zu diesem verhalten wird wie das specifische Gewicht des destillirten Wassers zu dem specifischen Gewichte der zu bestimmenden Flüssigkeit. Zur Erläuterung möge folgendes Beispiel dienen.

Das leere Fläschchen wiegt 52,648 Gramme, das Fläschchen mit destillirtem Wasser 83,772 Gramme.

83,772 Gramme
davon ab 52,648 „
31,124 Gramme destillirtes Wasser.

Das Fläschchen, mit der zu bestimmenden Flüssigkeit gefüllt, wiegt:

84,586 Gramme
52,648 „
31,938 Gramme Salzwasser.

Hieraus ergibt sich also die Proportion $31,124 : 31,938 = 4000$
 specifisches Gewicht des Wassers : x oder $\frac{31,938 \cdot 4000}{31,124} = 4,026$.

Das specifische Gewicht der zu bestimmenden Flüssigkeit ist also 4,026, wenn das des destillirten Wassers zu 4000 angenommen wird.

Obgleich diese Methode genaue Resultate liefert, so ist es doch unangenehm, namentlich wenn man mit der Bestimmung einer concentrirten Säure oder einer ätzenden Lauge zu thun hat, dass der Ueberschuss der Flüssigkeit, welcher durch Einfügen des Stöpsels aus dem Glase gedrängt wird, aussen am Glasse herabläuft.

Man wählt dazu zweckmässiger statt eines solchen Fläschchens die sogenannten Piknometer. Diese Gläschen (gewöhnlich von 20 Grammen Rauminhalt) haben eine halbkugelige oder kugelige Form

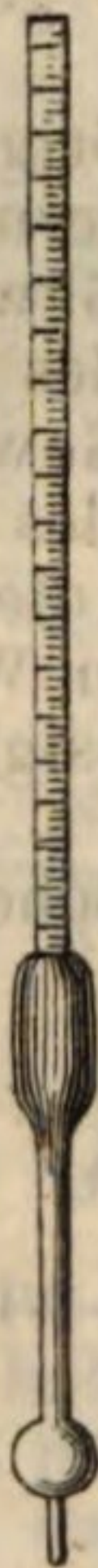
Fig. 3.



und eine enge Oeffnung, welche durch einen einge-
riebenen Glasstöpsel, aus einem Thermometerröhrchen
verfertigt, verschlossen ist (Fig. 3). Man hat hierbei
weniger zu befürchten, dass Luftblasen eingeschlossen
werden, sowie auch dass beim Erwärmen das Gläs-
chen zerspringt, da vermittelt des kleinen Haarröhr-
chens in dem Stöpsel Flüssigkeit herausdringen
kann, welche leicht durch ein Stückchen loses Papier
zu entfernen ist.

Zum Füllen des Piknometers bedient man sich eines kleinen Trichters, setzt alsdann, nachdem dieses geschehen, den Stöpsel auf und drückt ihn ein, wobei die überflüssige Flüssigkeit durch das Haarröhrchen heraustritt.

Fig. 4.



§. 10. Obgleich diese bis jetzt angeführten Me-
thoden mit grosser Genauigkeit ihren Zweck erfüllen, so
ist es doch oft nothwendig, auf eine schnelle und ein-
fache Weise das specifische Gewicht von Flüssigkeiten
zu bestimmen, wozu man, wenn eine solche Genauigkeit
nicht erforderlich ist und eine grössere Quantität der
Flüssigkeit zu Gebote steht, sich der sogenannten Senk-
wagen oder Scalenaräometer bedient. Sie stellen
gewöhnlich eine cylindrische Glasröhre dar, welche mehr
nach unten eine Erweiterung hat und an dem untern
Ende eine mit Quecksilber gefüllte Kugel besitzt, da-
mit die Röhre in der Flüssigkeit aufrecht schwimmt. (Fig. 4).

Bisher leiteten wir das specifische Gewicht aus der
Vergleichung des absoluten Gewichts gleicher Volumina
ab, dem Gebrauche der Scalenaräometer liegt aber das
Princip zum Grunde, dass bei gleichem absoluten Ge-
wichte die specifischen Gewichte sich umgekehrt wie ihre
Volumina verhalten. Denkt man sich das bezeichnete
Instrument im Wasser schwimmend, so muss das Ge-
wicht des verdrängten Wassers, wie schon aus dem frü-
hern Raisonnement hervorgeht, dem Gewichte des In-
strumentes entsprechen. Wird dasselbe nun in eine an-
dere Flüssigkeit eingesenkt, so wird es natürlich, je
nachdem die Flüssigkeit leichter oder schwerer als Wasser ist,
vermittelt seines Gewichts mehr oder weniger die Flüssigkeit ver-
drängen, woraus sich auf die Dichtigkeit der Flüssigkeit schliessen
lässt. Nehmen wir z. B. an, das Aräometer wiege 15 Gramme, so
wird es, indem es im Wasser schwimmt, 15 Cubikcentimeter Was-
ser verdrängen. Wird es nun aber in Weingeist eingesenkt, so
wird es so weit einsinken, dass die verdrängte Weingeistmenge
dem Gewichte der obigen entspricht. Da aber diese Gewichts-
summe des Weingeistes einen grössern Raum einnehmen wird, als
die des Wassers, so muss das Instrument natürlich tiefer einsinken

und zwar in der Weise, dass das in Weingeist eingesenkte Volumen sich zu dem in Wasser eingesenkten umgekehrt verhält, wie die specifischen Gewichte dieser Flüssigkeiten. Je geringer das specifische Gewicht der Flüssigkeit ist, desto tiefer sinkt das Aräometer ein, je bedeutender aber das specifische Gewicht ist, desto weniger tief kann das Instrument einsinken, da, wie aus dem Obigen hervorgeht, das Volumen einer Flüssigkeit von geringerem specifischen Gewichte grösser sein wird, und ebenso umgekehrt. Man kann daher, wenn man eine Glasröhre, wie die obige mit einer zwischen zwei Punkten richtig eingetheilten Scala benutzt, sehr leicht das specifische Gewicht einer Flüssigkeit ablesen.

Um nun ein solches Aräometer brauchbar zu machen, ist vor Allem nöthig, dass man einen Punkt notirt, bis zu welchem das Instrument im Wasser bei dessen grösster Dichtigkeit einsinkt, und dann wieder die Punkte bezeichnet, bis zu denen das Instrument in der specifisch schwersten und specifisch leichtesten der Flüssigkeiten, für welche es bestimmt, einsinkt. Da aber auf diese Weise sehr lange Scalen erforderlich sein würden, und man auch für die specifisch leichteren Flüssigkeiten eine bedeutende Menge nöthig hätte, so ist für zweckmässig erachtet worden, zum gewöhnlichen praktischen Gebrauche Aräometer mit epirischer Scala für Flüssigkeiten, welche leichter, und für solche, welche schwerer als Wasser sind, einzuführen, deren Anfertigung hier näher zu besprechen wohl nicht unangebracht sein dürfte.

§. 44. Nach Gay-Lussac bezeichnet man den Punkt, bis zu welchem das Aräometer (auch wohl Volumeter genannt) im Wasser einsinkt, mit 400 und zählt die Theilung, welche ganz genau in gleichen Zwischenräumen geschehen muss, von unten nach oben. Sinkt nun das Aräometer in einer verdünnten Salzsäure bis zum Theilstriche 90 ein, so ergiebt sich daraus, dass 90 Volumentheile dieser verdünnten Säure an Gewicht 400 Volumentheilen Wassers entsprechen. Demnach verhält sich also das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit wie 400 zu 90, mithin ist das specifische Gewicht der verdünnten Säure $\frac{400}{90}$ oder 4,444. Daraus geht hervor,

dass man das specifische Gewicht x einer Flüssigkeit findet, wenn man den zu beobachtenden Theilstrich r in 400 dividirt.

Um aber, wie bereits erwähnt, der Unannehmlichkeit, es mit einer langen Scala zu thun zu haben, auszuweichen, hat man zwei Aräometer eingerichtet, von denen das eine nur für schwerere und das andere nur für leichtere Flüssigkeiten gebraucht werden kann.

Auf dem für leichtere Flüssigkeiten bezeichnet man den Wasserpunkt am untern Ende der Röhre nahe an der Erweiterung derselben, bei dem andern dagegen nahe am obern Ende der Röhre. Hierzu ist erforderlich, dass die Instrumente bis zu den Punkten im Wasser einsinken, welche man durch die mehr oder minder grosse Menge Quecksilbers bezweckt. Will man nun das Aräometer für schwerere Flüssigkeiten graduiren, so macht man sich ein Gemisch aus Wasser und einer Flüssigkeit, welche schwerer

ist als dieses, taucht das Instrument hinein, beobachtet genau den Punkt, bis zu welchem es einsinkt, und theilt den Raum zwischen diesem und dem Wasser genau in gleiche Theile, welches dann noch auf gleiche Weise unter diesem Punkte fortgesetzt wird. Die Theilung wird auf einem schmalen Streifen Papier bemerkt und in die Röhre hineingeschoben.

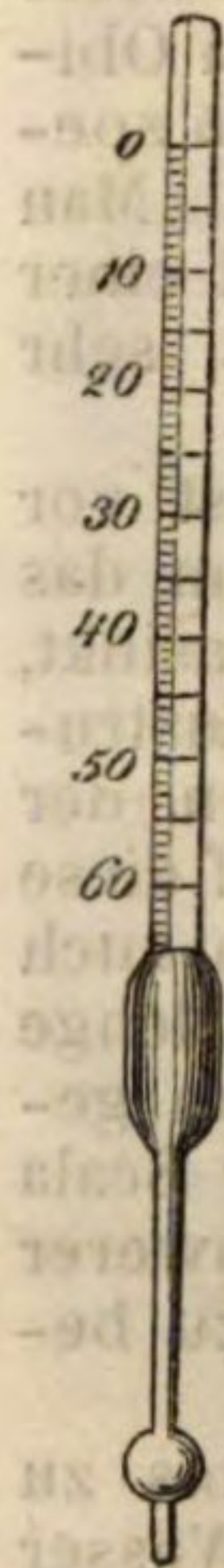


Fig. 5.

Der zweite Punkt für die Scala, welche für leichtere Flüssigkeiten bestimmt ist, auf welcher sich also der Wasserpunkt unten an der Röhre befindet, wird gefunden, indem man sich ein Gemisch aus Wasser und einer leichteren Flüssigkeit bereitet und nach oben hin eine gleiche Theilung vornimmt.

§. 42. Unter andern sind namentlich die Aräometer von Baumé als sehr brauchbar bekannt und vielfach eingeführt. Derselbe construirte sowohl eins für schwere, als auch eins für leichtere Flüssigkeiten. Um dieselben darzustellen, beschwerte Baumé das erstere so, dass es im Wasser bis an das obere Ende der Röhre einsank, und bezeichnete diesen Punkt (Fig. 5) mit 0; alsdann senkte er das Instrument in eine Lösung von 15 Theilen Kochsalz in 85 Theilen Wasser, bezeichnete den Punkt, bis zu welchem es einsank, und theilte den Zwischenraum zwischen diesem und jenem in 15 gleiche Theile, und setzte die Theilung nach unten weiter fort. Das für leichtere Flüssigkeiten bestimmte Aräometer beschwerte er der Art, dass dasselbe in einer Auflösung von 1 Theil Kochsalz in 9 Theilen Wasser bis zum Anfange des Halses nahe über der Erweiterung der Röhre einsank und bezeichnete diesen Punkt (Fig. 6) mit 0. Den Punkt, bis zu welchem es im Wasser einsank, bezeichnete er mit 10 und theilte den Zwischenraum in 10 gleiche Theile, während dann nach oben die Theilung in gleicher Weise fortgesetzt wurde. Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dass die Vermehrung der Grade bei dem Aräometer für leichtere Flüssigkeiten die Verminderung der specifischen Gewichte anzeigt, während bei dem andern die Vermehrung der Grade die Vergrößerung des specifischen Gewichts anzeigt. Jedoch ist es nicht der Fall, dass, wie man leicht glauben könnte, eine gleiche Anzahl von Graden einem gleichen Unterschiede specifischer Gewichte entspricht. Ein gleicher Unterschied im specifischen Gewichte am Halse des Instruments macht sich nämlich um so mehr bemerkbar, je grösser das eingesunkene Volumen ist. Es sind daher Tabellen erforderlich, die den Graden des Aräometers entsprechende specifische Gewichte angeben. (Siehe Baumé's Aräometer-Tabellen für leichte und schwere Flüssigkeiten am Schluss des Werkes.) Der zehnte Grad des Aräometers für leichte

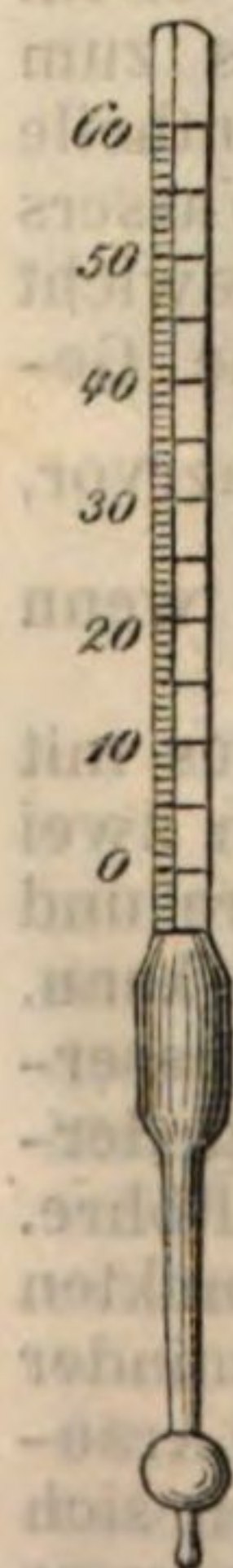


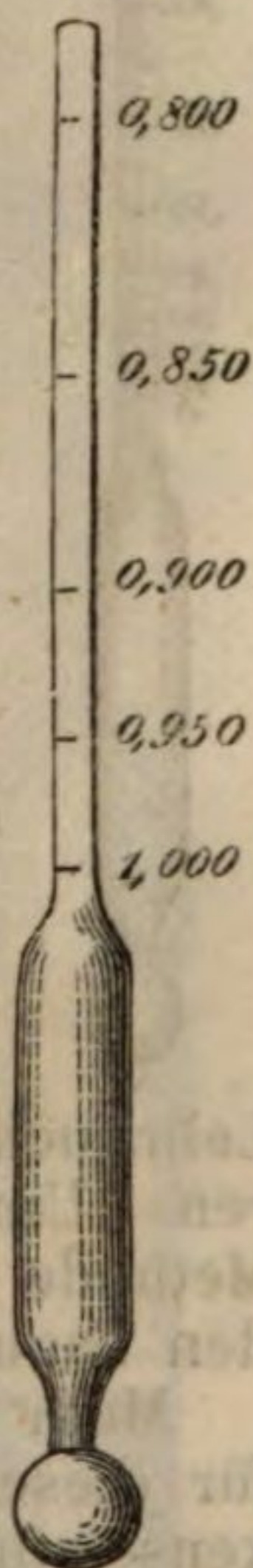
Fig. 6.

Flüssigkeiten entspricht dem specifischen Gewichte von 1,000; der zwanzigste Grad dem von 0,933 Grad.

Ein verbessertes Aräometer ist von Beck dargestellt; jedoch hat dieses denselben Uebelstand, welcher jenem eigen ist, nämlich den, dass gleiche Zahlen in dem einen Falle eine Vergrößerung des specifischen Gewichts und in dem andern eine Verminderung desselben angeben.

§. 43. Einfacher und bequemer als die angeführten Aräometer mit empirischer Scala ist der Gebrauch der Aräometer mit rationaler Scala, da man auf ihm keine Grade notirt, sondern das specifische Gewicht selbst abzulesen hat und also keiner Tabellen bedarf. Für solche Flüssigkeiten, welche leichter als Wasser sind, ist zwar ein Aräometer ausreichend, jedoch für schwerere Flüssigkeiten sind deren mehrere nöthig. Um ein solches Aräometer etwa für leichtere Flüssigkeiten (Fig. 7) anzufertigen, belastet man das Instrument der Art, dass dasselbe bei gewöhnlicher Temperatur bis zum Anfange des Halses der Röhre einsinkt und bezeichnet diesen Punkt mit 1,000. Der Punkt, bis zu welchem es dann in einer Flüssigkeit einsinkt, wird z. B. mit 0,800 bezeichnet und auf den Zwischenraum werden nun die auf obige Weise gefundenen specifischen Gewichte aufgetragen. Obgleich man so das specifische Gewicht direct finden kann, so möchten die übrigen Aräometer dennoch einen Vorzug haben, da die Scalen sich auf leichtere Weise richtig verfertigen lassen, wenn auch immerhin die für die Aräometer mit empirischer Scala erforderlichen Tabellen den Gebrauch ein wenig umständlich machen. Scheut man aber die kleine, unbedeutende Rechnung bei einer jedesmaligen Beobachtung nicht, so dürfte gewiss das Volumeter von Gay-Lussac allen andern vorzuziehen sein; jedoch sind die Aräometer mit empirischer Scala nebst Benutzung der Tabellen im praktischen Leben am gewöhnlichsten gebräuchlich.

Fig. 7.

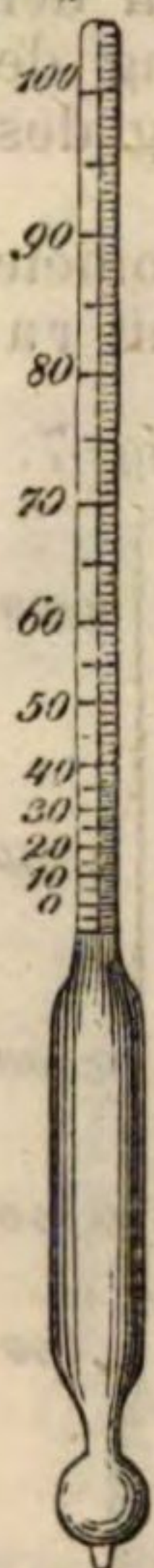


§. 44. Sehr häufig kommt mehr darauf an, den Concentrationsgrad einer Flüssigkeit, z. B. einer Salzlösung oder den Gehalt einer gemischten Lösung, kennen zu lernen. Da nun dieser mit dem specifischen Gewichte in genauer Beziehung steht und man aus demselben auf den Gehalt der Flüssigkeit schließen kann, so hat man mit Hülfe des bestimmten specifischen Gewichts solche Instrumente, welche die verschiedenen Concentrationsgrade angeben, construirt. Ein solches Instrument ist das allgemein bekannte und sehr häufig gebrauchte Alkoholometer, welches den Gehalt an Weingeist, einer aus Wasser und Weingeist bestehenden Mischung, angiebt. Wegen seiner Wichtigkeit und häufigen Gebrauchs möge die einfache Anfertigung besprochen werden.

Man wählt zum Alkoholometer eine eben solche Röhre, wie zu den übrigen Aräometern und bezeichnet auf demselben statt der

specifischen Gewichte den denselben entsprechenden Gehalt in Procenten. Markirt man auf einer solchen Aräometerröhre die

Fig. 8. Punkte, welche den specifischen Gewichten von dem des absoluten Alkohols 0,793 an bis zum Wasser = 1 entsprechen und bezeichnet dieselben mit 400, 90, 80 . . . 40, 0, so hat man, den Raum zwischen diesen Zahlen in immer 40 gleiche Theile getheilt, ein Procentaräometer für Weingeist, an welchem man die gefundenen Volumenprocente Alkohol in einer Mischung von Weingeist und Wasser ablesen kann. Hierbei ist 400 dem specifischen Gewichte des absoluten Alkohols und 0 dem des Wassers gleichgesetzt (*Fig. 8*). Dieses Procentaräometer ist, wie aus dem Mitgetheilten hervorgeht, nur für Bestimmung des Alkoholgehalts gebräuchlich, und es ist daher unerlässlich nothwendig, dass man sich für andere Flüssigkeiten wieder besonderer Procentaräometer bedient. Man hat, um den Gehalt einer Säure oder Salzlösung zu bestimmen, ähnliche Aräometer eingerichtet.



Schliesslich mag noch einmal hervorgehoben werden, dass bei Bestimmung der specifischen Gewichte, respective beim Auftragen der Scalen auf die Röhren, die Temperatur berücksichtigt werden muss, und dass dieselbe auf jedem guten Aräometer bemerkt ist.

§. 15. Endlich wollen wir zum Schluss der Betrachtungen über die Methoden für die Bestimmung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten nicht unterlassen, eine neue Methode von Mohr, wie derselbe sie in seinem Lehrbuche der pharmaceutischen Technik angiebt, hier anzuführen. Um so mehr möchte dieses nützlich sein, da nach dieser Methode die Bestimmung rasch und genau vorgenommen werden kann.

Mohr benutzte eine Wage dazu, welche von ihm besonders für diesen Zweck construirt worden ist. Die eine Hälfte des Balkens einer guten Wage von ungefähr $9\frac{1}{2}$ Zoll Länge von der mittleren Schneide bis zu derjenigen, auf welcher die eine Wagschale hängt, wird in 40 gleiche Theile getheilt; die Theilstriche werden an der oberen geraden Kante des Wagebalkens mit einer Feile eingeschnitten und von der Mitte an mit den Zahlen 1 bis 9 bezeichnet (*Fig. 9*). Es wird nun eine kleine Glasröhre (*Fig. 10*) in eine lange Spitze ausgezogen und mit so vielem Quecksilber gefüllt, dass sie in einer Flüssigkeit vom specifischen Gewicht 2 unter-sinken muss; alsdann schmilzt man sie zu und biegt sie zu einem Ohre um. In dieses Ohr schlingt man einen sehr feinen Platindraht von 5 Zoll Länge, an dessen anderem Endem an einen kleinen Messingring befestigt. Vermittelst dieses Ringes hängt man das Senkglas statt der einen Wagschale (wie *Fig. 9* zeigt) an den getheilten Arm der Wage. Am andern Arme befindet sich eine kleine leichte Schale mit so vielem Gegengewicht, dass dadurch die Senkwage im Gleichgewicht gehalten wird. Man stellt alsdann ein

Champagnerglas mit destillirtem Wasser von der richtigen Temperatur unter die Wage, hängt ein in stumpfem Winkel gebogenes Stück Messingdraht an den Haken, an welchem das Senkgläschen befestigt ist. Alsdann macht man durch Feilen dieses Drahtstück genau so schwer, dass das Gleichgewicht wieder hergestellt wird, welches durch das Hineintauchen des Gläschens in das Wasser gestört worden war. Der genau abnormirte Messingdraht hat nun das Gewicht des durch das Senkgläschen verdrängten Was-

Fig. 9.

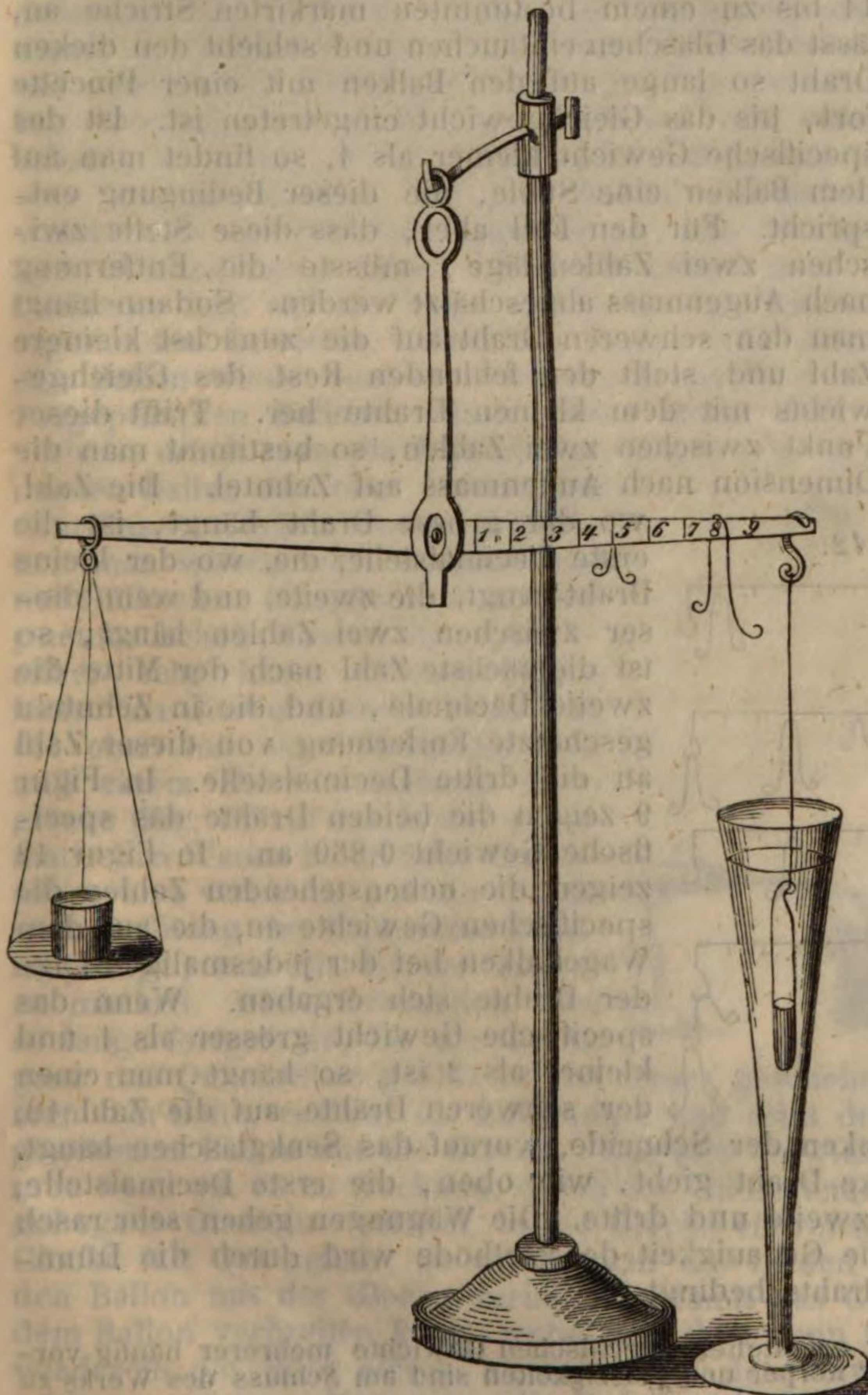
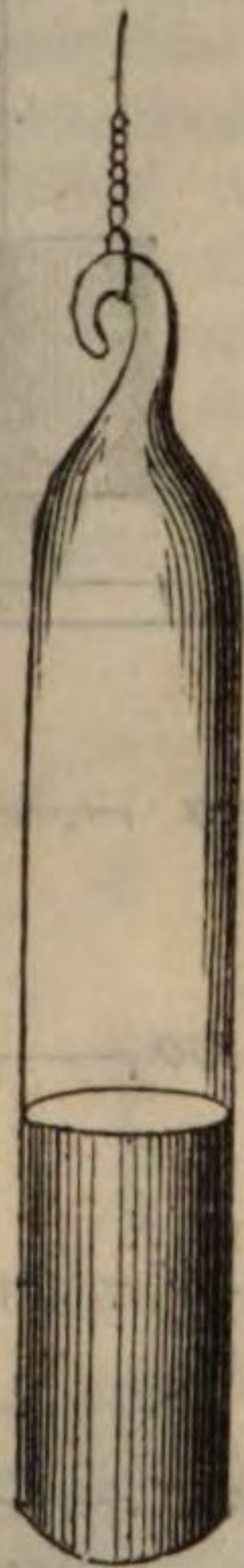


Fig. 10.



sers. Derselbe wird in einem etwas spitzeren Winkel als vorher gebogen und oben in seiner Biegung mit einem glatten Hammer platt und scharf geschlagen, damit er mit Schärfe in die Einschnitte des Wagebalkens einspielt. Alsdann werden zwei solcher Drähte und dann noch ein dritter angefertigt, dessen Gewicht $\frac{1}{10}$ von dem Gewichte eines der grössern Drähte beträgt.

Um diese Wage nun zur Bestimmung der specifischen Gewichte von Flüssigkeiten benutzen zu können, verfährt man auf folgende Weise. Man füllt das Champagnerglas oder eine Glasröhre nach Figur 41 bis zu einem bestimmten markirten Striche an, lässt das Gläschen eintauchen und schiebt den dicken Draht so lange auf den Balken mit einer Pincette fort, bis das Gleichgewicht eingetreten ist. Ist das specifische Gewicht kleiner als 1, so findet man auf dem Balken eine Stelle, die dieser Bedingung entspricht. Für den Fall aber, dass diese Stelle zwischen zwei Zahlen läge, müsste die Entfernung nach Augenmass abgeschätzt werden. Sodann hängt man den schweren Draht auf die zunächst kleinere Zahl und stellt den fehlenden Rest des Gleichgewichts mit dem kleinen Drahte her. Trifft dieser Punkt zwischen zwei Zahlen, so bestimmt man die Dimension nach Augenmass auf Zehntel. Die Zahl, wo der grosse Draht hängt, ist die erste Decimalstelle, die, wo der kleine Draht hängt, die zweite, und wenn dieser zwischen zwei Zahlen hängt, so ist die nächste Zahl nach der Mitte die zweite Decimale, und die in Zehnteln geschätzte Entfernung von dieser Zahl an die dritte Decimalstelle. In Figur 9 zeigen die beiden Drähte das specifische Gewicht 0,850 an. In Figur 42 zeigen die nebenstehenden Zahlen die specifischen Gewichte an, die auf dem Wagebalken bei der jedesmaligen Lage der Drähte sich ergaben. Wenn das specifische Gewicht grösser als 1 und kleiner als 2 ist, so hängt man einen der schweren Drähte auf die Zahl 40, d. h. an den Haken der Schneide, worauf das Senkgläschen hängt. Der zweite dicke Draht giebt, wie oben, die erste Decimalstelle, der kleine die zweite und dritte. Die Wägungen gehen sehr rasch vor sich und die Genauigkeit der Methode wird durch die Düntheit des Platindrahts bedingt.*)

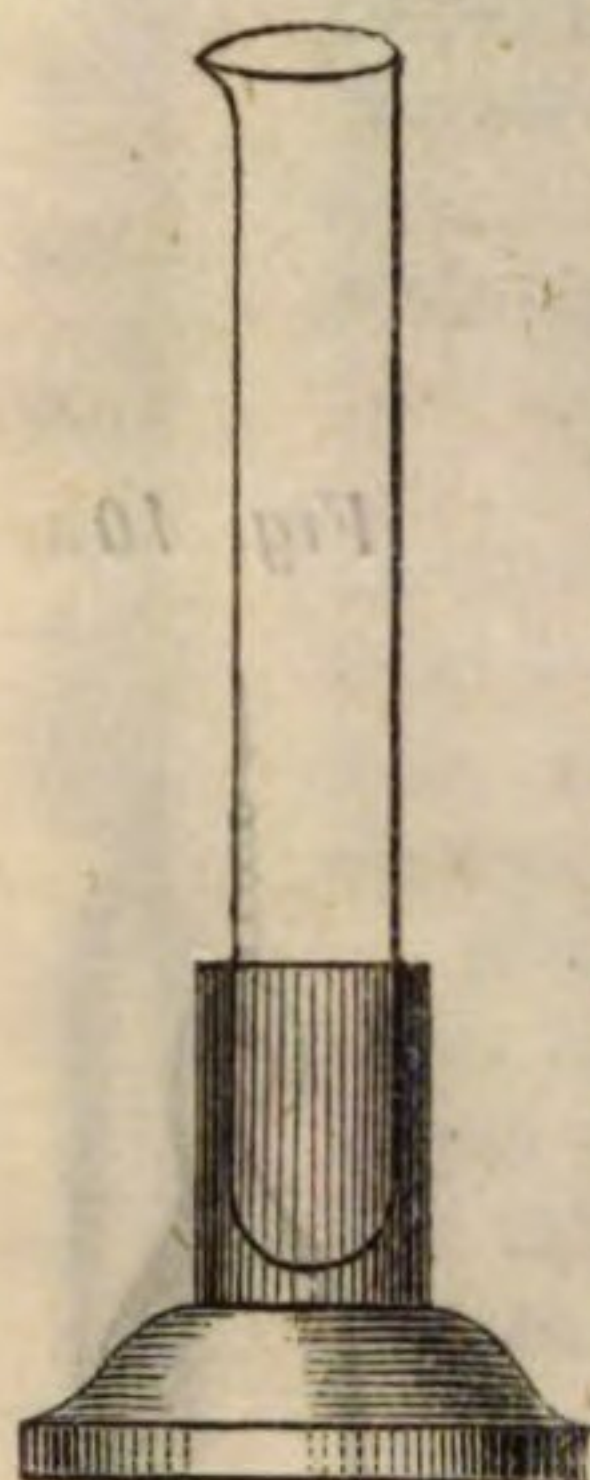
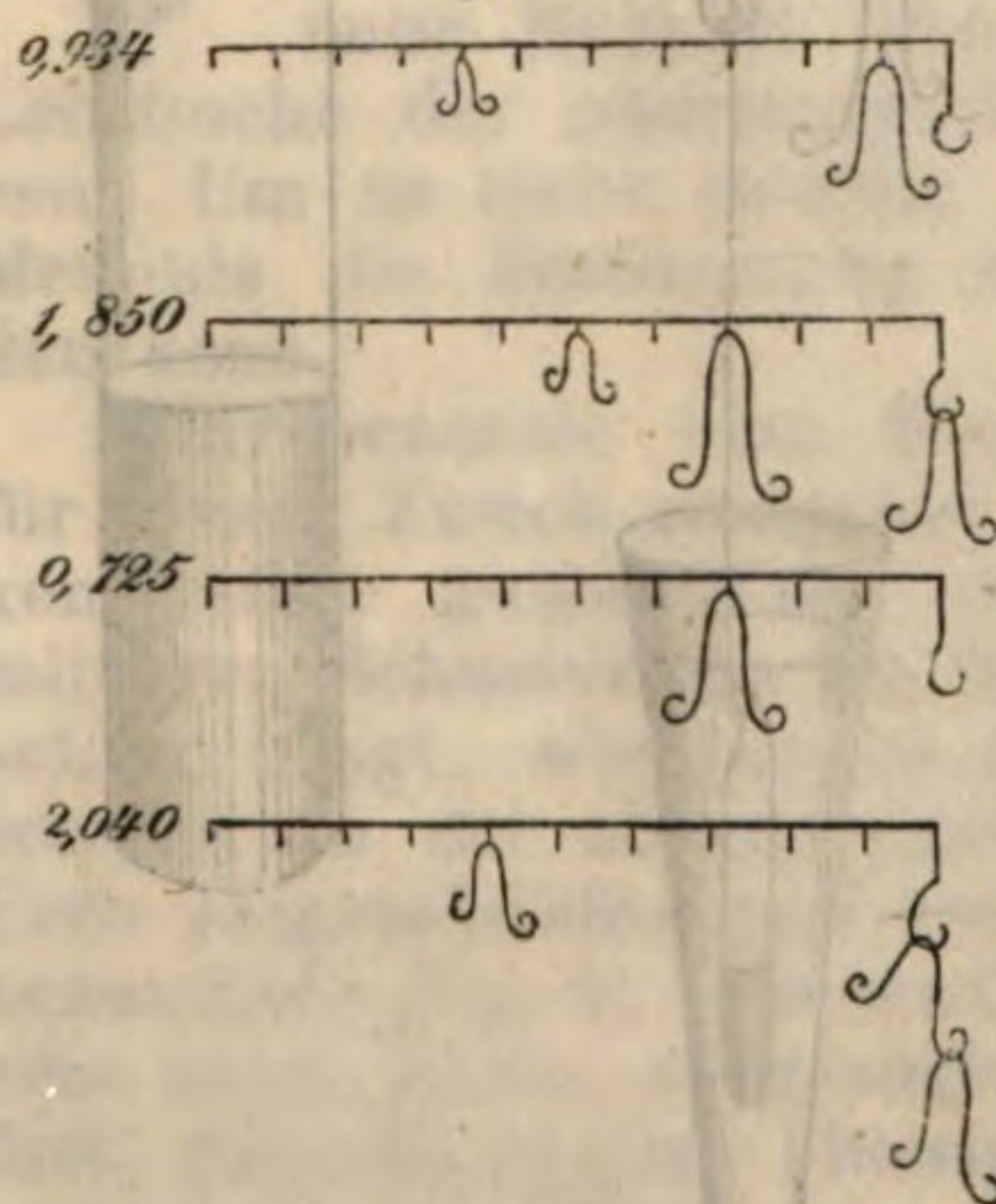


Fig. 42.



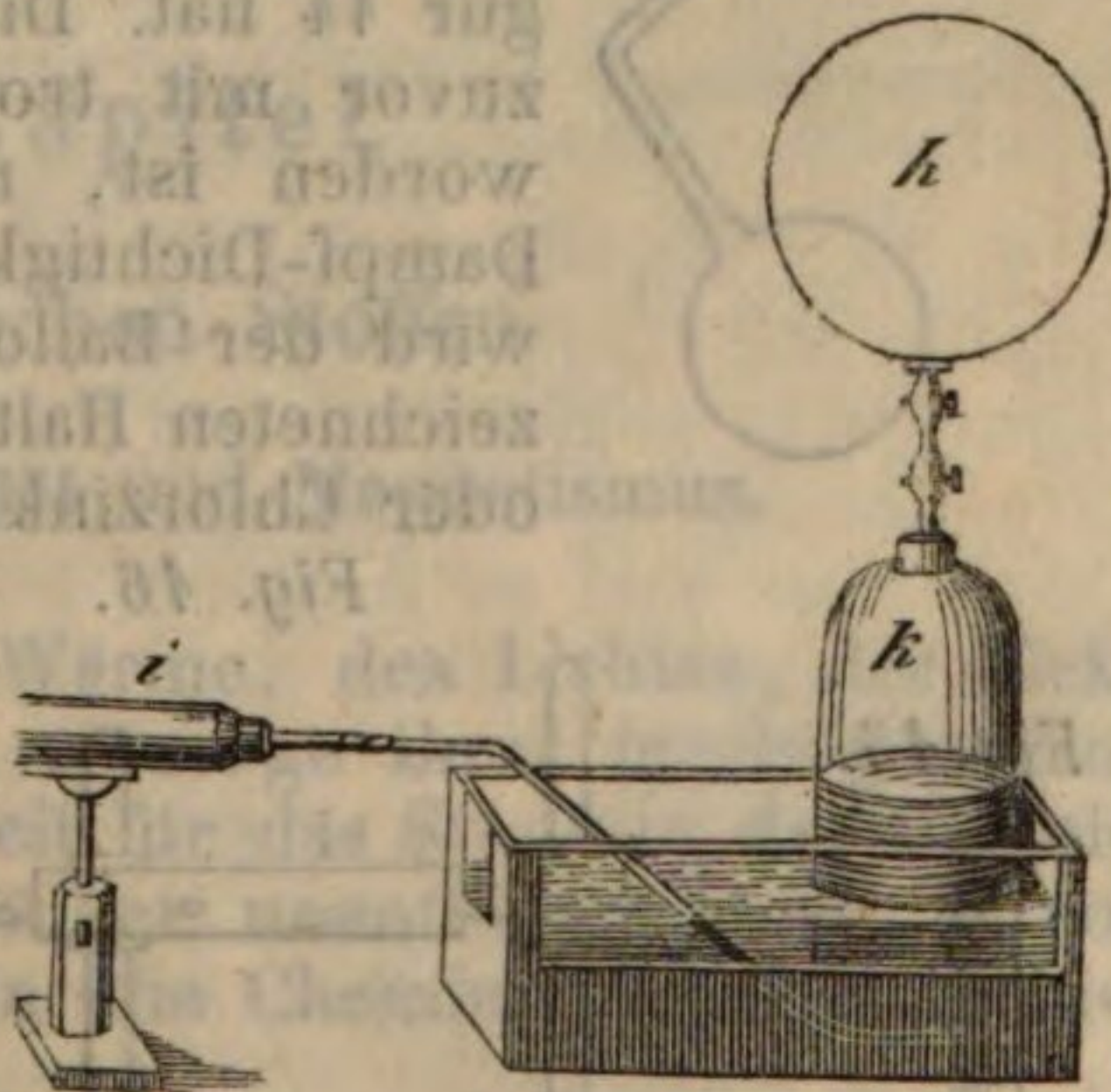
d. h. an den Haken der Schneide, worauf das Senkgläschen hängt. Der zweite dicke Draht giebt, wie oben, die erste Decimalstelle, der kleine die zweite und dritte. Die Wägungen gehen sehr rasch vor sich und die Genauigkeit der Methode wird durch die Düntheit des Platindrahts bedingt.*)

*) Tabellen der ermittelten specifischen Gewichte mehrerer häufig vorkommender fester Körper und Flüssigkeiten sind am Schluss des Werks zu finden.

Die Bestimmung des specifischen Gewichts der Gase.

§. 16. Will man die Dichtigkeit verschiedener Gase bestimmen, so kann dieses nur unter Berücksichtigung der Temperatur und des Drucks, welchen sie erleiden, geschehen. Denn die Dichtigkeiten zweier verschiedenen Gase stehen in demselben Verhältnisse zu einander, wenn sie bei gleicher Temperatur gleichem Drucke ausgesetzt sind. Um die Bestimmung der Dichtigkeit eines Gases aber auszuführen, hat man nur das Gewicht desselben mit dem Gewichte eines gleichen Volumens trockener Luft von derselben Ausdehnung und gleicher Temperatur zu vergleichen, und zwar geschieht dieses auf folgende Weise. Man füllt einen Glasballon *h*, welcher mit einer Messingfassung, einem Schraubengewinde und Hahn (wie Fig. 43 zeigt) versehen ist, mit trockener Luft, indem man in denselben, nachdem er mit Hülfe einer Luftpumpe evacuirt worden war, vermittelt einer mit dem Ballon verbundenen Glasröhre *i*, welche mit Chlorcalcium angefüllt ist, die hierdurch getrocknete Luft hineinströmen lässt. Alsdann bringt man den Ballon mit trockener Luft auf die Wage und notirt den Zahlenwerth des sich ergebenden Gewichts. Nachdem dieses geschehen, evacuirt man den Ballon wieder und ermittelt durch die Wage das Gewicht des ausgepumpten Ballons. Nach Abzug dieser Zahl von der zuerst notirten erhält man die Summe der ausgepumpten Luft. Den evacuirten Ballon hat man sodann mit

Fig. 43.



dem Gase zu füllen, dessen Dichtigkeit man wissen will, welches man mit Hülfe einer Glasglocke *k* in einer pneumatischen Wanne über Quecksilber sehr leicht bewerkstelligen kann. Zu diesem Zwecke setzt man die oben mit einer Messingfassung und einem Hahn versehene Glasglocke (Fig. 43) auf das in der pneumatischen Wanne befindliche Quecksilber und verbindet mit der Glocke nach Oeffnung des Hahns eine Handluftpumpe, um die Glocke luftleer zu machen. Diese Evacuation wird so lange fortgesetzt, bis die Glocke ganz mit Quecksilber gefüllt ist; ist dieses geschehen, so schliesst man den Hahn, entfernt die Luftpumpe und setzt den Figur 43 angegebenen Ballon auf die Glocke. Das sich entwickelnde Gas lässt man nun, um es zu trocknen, durch ein Chlorcalciumrohr und dazu gebogene Glasröhre geleitet, in die Glocke eintreten. Hat sich die Glocke mit Gas gefüllt, so öffnet man die beiden Hähne, welche den Ballon mit der Glocke verbinden, damit das Gas sich auch in dem Ballon verbreiten kann, wobei natürlich dann das Quecksilber wieder in die Höhe steigt, weshalb man den einen Hahn wieder schliessen muss. Man setzt die Gasentwicklung auf diese Weise

so lange fort, bis die Glocke von Neuem angefüllt ist oder vielmehr bis Ballon und Glocke mit Gas angefüllt sind, welches man erkennt, wenn die Quecksilberfläche innerhalb und ausserhalb der Glocke in gleicher Höhe steht. Hat man dieses erreicht, so muss der am Ballon befindliche Hahn geschlossen werden und man muss alsdann den Ballon auf die Wage bringen.

Von diesem ermittelten Gewicht subtrahirt man nun das des ausgepumpten Ballons und setzt das hierdurch erhaltene Resultat mit dem für die ausgepumpte Luft erhaltenen Zahlenwerth in Proportion, wobei die Luft gewöhnlich $= 1$ gesetzt wird. Oder man dividirt ganz einfach den erhaltenen Zahlenwerth der ausgepumpten Luft in den des Gases, und erhält auf diese Weise als Quotienten das richtige specifische Gewicht, wenn sowohl bei der Füllung mit Luft als auch bei der mit Gas, Barometerstand und Temperatur dieselben waren.

Die Bestimmung des specifischen Gewichts der Dämpfe.

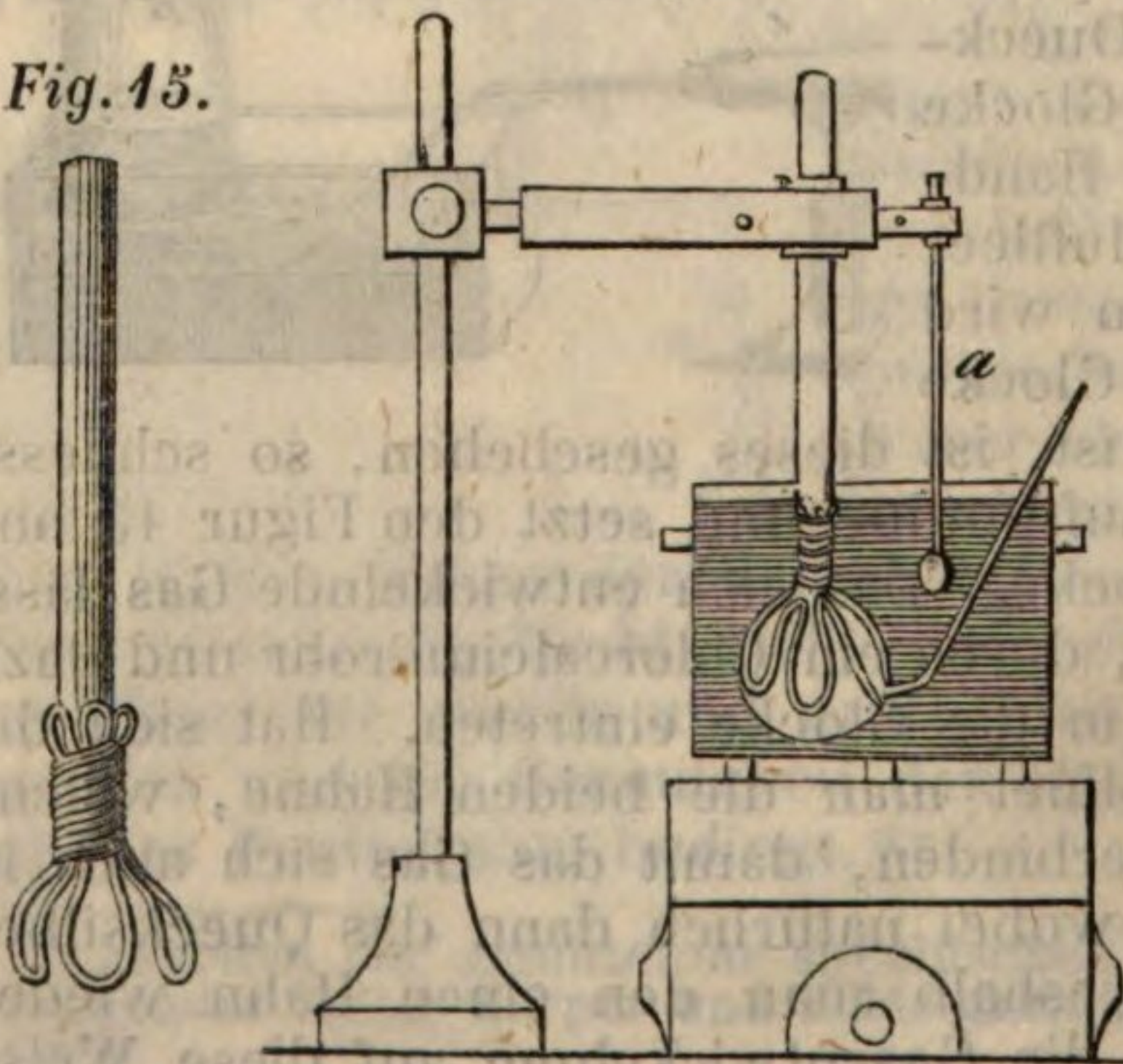
Fig. 14.



§. 17. Um die Dichtigkeit der Dämpfe verschiedener Flüssigkeiten zu bestimmen, bedient man sich gewöhnlich einer Methode, wie sie von Dumas angegeben worden ist. Man benutzt dazu einen Glasballon, welcher in eine im Winkel gebogene Spitze ausgezogen ist und die Form von Figur 14 hat. Dieser Ballon wird, nachdem derselbe zuvor mit trockener Luft gefüllt und gewogen worden ist, mit der Flüssigkeit gefüllt, deren Dampf-Dichtigkeit man bestimmen will. Alsdann wird der Ballon vermittelst eines in Fig. 15 gezeichneten Halters befestigt und im Wasser-, Oel- oder Chlorzinkbade erhitzt, je nachdem der Siedepunkt der Flüssigkeit ein höherer oder niedriger ist.

Fig. 16.

Fig. 15.



Der zur Ausführung nöthige Apparat, an welchem sich auch ein Thermometer, um die Temperatur ablesen zu können, befindet, ist in Fig. 16 angegeben.

Die Temperatur erhält man während des Kochens der Flüssigkeit und des Ausströmens der Dämpfe aus der feinen Spitze so hoch, dass sie diejenige der Flüssigkeit im Ballon ungefähr um 25 bis 30° übersteigt. Ist nun sämtliche Flüssig-

keit verdampft und beginnt das Ausströmen des Dampfes nachzulassen, so schmilzt man die Spitze mit Hülfe des Löthrohrs zu. Während dieses geschieht, muss aber auch der Thermometerstand und der des Barometers notirt werden. Hierauf wird nun der mit Dampf angefüllte Ballon gewogen und das Gewicht mit jenem des mit trockener Luft gefüllten Ballons verglichen; die sich dadurch herausstellende Differenz giebt dann natürlich an, wie viel der im Ballon befindliche Dampf mehr wiegt als die vorher darin befindliche trockene Luft. Um also die Dichtigkeit des Dampfes zu ermitteln, hat man nur sein absolutes Gewicht durch das Gewicht eines gleichen Volumens Luft von gleicher Temperatur und gleicher Ausdehnung zu dividiren, wozu vor allen Dingen nothwendig ist, dass man die Capacität des Ballons kennt. Diese ermittelt man sehr leicht, wenn man die zugeschmolzene Spitze in Wasser oder Quecksilber eintaucht und unter dem Niveau dieser Flüssigkeit abbricht. Wegen der natürlicherweise hierdurch erfolgenden Verdichtung der Dämpfe wird sich der Ballon mit Wasser oder Quecksilber füllen und man hat daher die Menge der Flüssigkeit durch Wägung oder durch Messung in graduirten Röhren zu ermitteln und erfährt auf diese Weise das Volumen des Ballons.

Drittes Capitel.

Von den ätherischen Stoffen.

Wärme, Licht, Elektrizität und Magnetismus.

§. 48. Die Erscheinungen der Wärme, des Lichtes, der Elektrizität und des Magnetismus sind vermöge ihres mächtigen Einflusses von einer solchen Wichtigkeit für das Studium der Chemie, dass ihre Kenntniss für den Chemiker unentbehrlich ist; es soll daher wenigstens das wesentlich in die Chemie Eingreifende hier besprochen werden.

Die ätherischen Stoffe hängen so innig zusammen, dass, obgleich ihre Wirkungen sich auf eine sehr verschiedene Weise äussern, wir ihnen ein und dieselbe Ursache zu Grunde legen sollten, denn wo sich die Wirkungen des einen zeigen, ist auch gewöhnlich die des andern zu beweisen; z. B. Licht und Wärme sehen wir ja stets in Begleitung. Wir kennen die Wirkungen dieser Stoffe, ohne uns selbst Rechenschaft geben zu können, was sie eigentlich sind. Als allgemeinen Charakter schreibt man ihnen die Unwägbarkeit zu, und nennt sie daher auch Imponderabilien, im Gegensatz zu den Körpern oder wägbaren Stoffen; jedoch möchte

dieser Ausdruck, obgleich derselbe sehr gebräuchlich ist, nicht gerade der passendste sein, da er der negativen Eigenschaft dieser Stoffe entnommen ist. Berücksichtigen wir dagegen die Eigenschaften ihrer Unverschliessbarkeit in Gefässen, die Beweglichkeit ihrer Theile und ihre Flüchtigkeit, so möchte die Benennung *Incoërcible*, rücksichtlich der zuerst genannten Eigenschaft wohl bezeichnender sein als die beiden bereits angeführten Collectivnamen. Da wir sie aber nach den übrigen erwähnten Eigenschaften als *Fluida* zu betrachten haben, so nennen wir sie *ätherische Stoffe*; übrigens pflegt man sie auch wohl wegen ihrer Aehnlichkeit mit Kräften *Dynamide* zu nennen, welches von dem griechischen δύναμις, Kraft und εἶδος, Gestalt (besser ἴδιον, ähnlich sein), abgeleitet worden ist.

Die Wärme hat nun ohne Zweifel für den Chemiker eine so ausserordentliche Wichtigkeit, dass die Kenntniss dieser Erscheinungen wirklich nothwendig ist, denn oft kann nur vermittlest der Wärme eine chemische Erscheinung hervorgerufen werden; daher wollen wir auch ihr zunächst unsere Aufmerksamkeit schenken.

Erste Abtheilung.

Wärme.

Vorbemerkung: Ueber die Quellen der Wärme und Wärmetheorie.

§. 49. Täglich nehmen wir in unserm Gefühlsvermögen die Empfindung von Wärme wahr, die uns meistens durch das Sonnenlicht zugeführt wird; wir beobachten, dass die Wärme eine Veränderung in den Körpern hervorbringt, und deshalb sind ihre Phänomene von so grossem Interesse für den Chemiker.

Jedermann weiss, dass wir den grössten Theil der von uns empfundenen Wärme durch das Sonnenlicht empfangen; aber wir erhalten auch Wärme durch die tellurischen Processe, also von der Erde; ferner ist mit den elektrischen Erscheinungen Entwicklung von Wärme verbunden, sowie ebenfalls mit dem Lebensprocess, denn die animalische Welt entwickelt zum grossen Theil eine gewisse Wärmemenge, und endlich wird ja auch durch die Verbrennung Wärme erzeugt.

So mächtig und so fühlbar, wie die Wirkungen der Wärme auch sind, so unerforschlich bleibt jedoch ihr Princip; nach einer alten Theorie denkt man sich die Wärme als etwas Körperliches, und nennt die zum Grunde liegende Ursache Wärmestoff. Wir können uns aber unmöglich etwas Materielles unwägbare denken, und daher möchte wohl die Theorie, nach der die Wärme, gleich dem Lichte, als in Schwingungen sich verbreitender Aether betrachtet wird, einleuchtender sein. Nach der Wellentheorie pflanzt sich

die Wärme gleich dem Schall in Wellen zu den Körpern fort und macht sodann ihre Wirkung geltend. Ohne uns jedoch auf eine Aufstellung von Hypothesen weiter einzulassen, wenden wir uns vielmehr den für unsern Zweck wichtigeren Erscheinungen zu, welche durch die Wirkung der Wärme hervorgerufen werden.

Berücksichtigen wir zunächst die Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Körper, da diese uns doch die grössten Wärmemengen zuführen, so hängt allerdings die mehr oder minder mächtige Wirkung der Wärme von der Stellung der Erdachse gegen die Sonne ab, aber auch davon, wie wir später deutlicher hervorheben werden, wie die Körper für die Wärme empfänglich sind, ob sie mehr oder weniger geneigt sind, Wärme aufzunehmen, und beginnen deshalb hier mit der Fortpflanzung der Wärme.

Von der Fortpflanzung der Wärme.

§. 20. Wir empfinden die Wärme und führen als Hauptquelle die Sonne an, von der aus sie wellenförmig fortgepflanzt wird, wie sie sich aber den Körpern mittheilen kann, kommt auf diese selbst an.

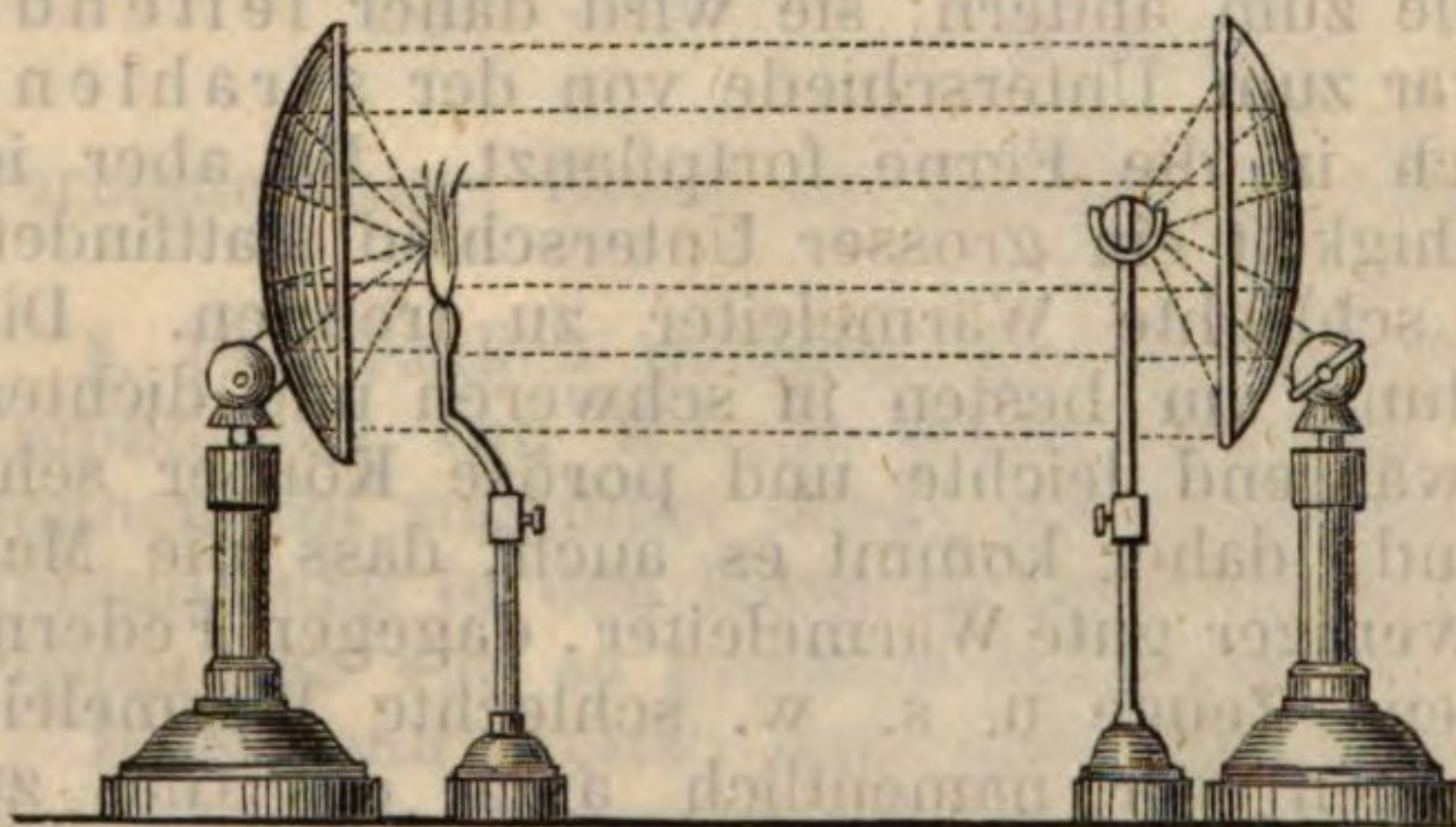
Die Wärme kann sich durch Berührung fortpflanzen. Empfängt ein Körper Wärme von dem einen Theile, so wird die ganze Masse durchdrungen und die Wärme verbreitet sich durch den ganzen Körper von einem Theile zum andern; sie wird daher leitende Wärme genannt, und zwar zum Unterschiede von der strahlenden Wärme, welche sich in die Ferne fortpflanzt. Da aber in Bezug auf die Leitungsfähigkeit ein grosser Unterschied stattfindet, so hat man gute und schlechte Wärmeleiter zu trennen. Die Wärme wird durch Leitung am besten in schweren und dichten Körpern fortgepflanzt, während leichte und poröse Körper sehr schlechte Wärmeleiter sind; daher kommt es auch, dass die Metalle fast alle mehr oder weniger gute Wärmeleiter, dagegen Federn, Holz, Stroh, feine wollene Zeuge u. s. w. schlechte Wärmeleiter sind; zu letzteren haben wir namentlich auch das Glas zu zählen, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man das eine Ende einer Glasröhre stark erhitzt. Man wird alsdann nämlich am andern Ende durchaus keine Wärme wahrnehmen, ja man kann sogar dieselbe in einer kleinen Entfernung von dem erhitzten Ende anfassen; erhitzt man dagegen einen Metalldraht, so wird man ihn wegen der von Theilchen zu Theilchen im ganzen Drahte fortgeleiteten Wärme nicht halten können. Man benutzt diese grössere oder geringere Leitungsfähigkeit sehr häufig im gewöhnlichen Leben, so gründet sich z. B. die Einrichtung der Doppelfenster auf die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit der atmosphärischen Luft, die wie alle Gasarten zu den schlechtesten Wärmeleitern gehört.

Die Leitung der Wärme in flüssigen und gasförmigen Substanzen ist durch die Bewegung ihrer Theile bedingt. Erhitzt man

einen Glaskolben, mit Wasser gefüllt, unten vermittelt einer Wein-geistlampe, so wird man deutlich bemerken, dass, wenn zuvor ein im Wasser unlösliches Pulver hineingeworfen wurde, die Circulation der Flüssigkeit in der Weise vor sich geht, dass diese in der Mitte des Gefässes emporsteigt und an den Wänden wieder herabfällt und so die Flüssigkeit erwärmt. Würde man dagegen den Kolben oben erwärmen, so würde die Fortpflanzung der Wärme von oben nach unten nicht so rasch vorwärts gehen, man muss daher immer die Gefässe unten erwärmen.

§. 21. Die strahlende Wärme oder die andere Art der Fortpflanzung der Wärme wirkt in gewissen Entfernungen. Wir empfangen die Erwärmung von der Sonne durch Strahlung, ohne dass die höheren Luftschichten dadurch erwärmt werden, indem sie die vermittelt der Strahlen durch sie hindurchgehende Wärme nicht absorbiren. Wir nehmen dies schon wahr, wenn wir uns dem Feuer eines Heerdes nähern; während wir eine brennende Hitze empfinden, wenn uns die Strahlen des Feuers treffen, ist die Luft zwischen uns und dem Feuer nicht von einer so hohen, unerträglichem Temperatur. Heisse Körper strahlen von ihrer Oberfläche nach allen Seiten hin Wärme, und daher sind die Wärmestrahlen in der Beziehung, dass sie durch die Luft hindurchgehen, den Lichtstrahlen zu vergleichen. Man kann sich sehr leicht durch einen Versuch von der strahlenden Wärme überzeugen,

Fig. 17.



wenn man zwei Hohlspiegel von Messing (Fig. 17) so einander gegenüberstellt, dass die Achsen beider Spiegel in eine Linie fallen; bringt man alsdann in den Brennpunkt des einen Spiegels ein Stück eines leicht entzündlichen Körpers, z. B. ein Stückchen Zunder, und in den andern Brennpunkt eine im lebhaften Glühen unterhaltene Kohle, so wird sich das Stückchen Zunder vermöge der von der Kohle ausgehenden Strahlen entzünden.

Selbst wenn man eine erhitzte Kugel in den Brennpunkt bringt, so wird man sich von der strahlenden Wärme überzeugen können, man wird wenigstens bemerken, wenn man ein Thermometer in den entgegengesetzten Brennpunkt hält, dass dieses um ein Bedeutendes differirt.

Um die Stärke des Ausstrahlungsvermögens eines erhitzten Körpers zu erfahren, hat man verschiedene Instrumente construiert, die in hohem Grade empfindlich sind. Als solche sind die Differentialthermometer von Rumford und Leslie und ausserdem als das empfindlichste der Thermomultiplikator von Melloni zu er-

wähnen. Das Differentialthermometer von Rumford ist in Fig. 48 abgebildet und besteht aus zwei Glaskugeln, durch eine Glasröhre verbunden, in welcher sich etwas gefärbter Weingeist befindet, der bei Erwärmung der einen Kugel durch den stärkern Druck der darin befindlichen Luft nach der andern hingetrieben wird. In ähnlicher Weise ist das Differentialthermometer von Leslie construirt, nur sind die Kugeln desselben ein wenig kleiner (Fig. 49).

§. 22. Unser Rai-

sonnement bezog sich hier auf die Existenz strahlender Wärme und auch darauf, die Stärke derselben zu ermitteln; fragen wir aber nun, wovon die mindere oder mächtigere Ausstrahlung der Körper abhängt, so werden wir uns antworten müssen, dass das Ausstrahlungsvermögen der Körper von den Oberflächen derselben abhängt und daher sehr ungleich ist.

Glatte Oberflächen der Körper, z. B. der Metalle strahlen weniger Wärme aus als solche, welche rauhe Oberflächen haben. Um aber das Strahlungsvermögen eines Körpers auszumitteln, ist Melloni's Thermomultiplikator am geeignetsten (Fig. 20).

Dieser besteht im Wesentlichen aus einer thermoelektrischen Säule *A* und aus einem sehr empfindlichen Multiplikator *B*. Die Säule ist aus einer Anzahl Stäben von Wismuth und Antimon, eingeschlossen in einen messingenen Cylinder, zusammengesetzt, und ihre Pole stehen durch zwei Drähte *rr* mit dem elektro-magnetischen Multiplikator *B* in Verbindung. Sowie dann selbst die geringste Differenz der Temperatur zwischen den beiden Enden der Säule durch einen Wärme ausstrahlenden Körper hervorgerufen wird, geht sogleich ein elektrischer Strom durch die Drähte und bewirkt eine Ablenkung der Magnetnadel. Um nun den Einfluss der Oberflächen auf die Ausstrahlung zu beweisen, kann man sehr zweckmässig einen Würfel von Eisenblech *E* benutzen, indem man die eine Seite desselben polirt, die andere matt angelaufen, die dritte mit Glas bedeckt und die vierte mit Russ überzogen, nach einander, nachdem man darin befindliches Wasser erhitzt hat, der Thermosäule aussetzt.

Benutzt man diesen Apparat oder auch ein Differentialthermometer zur Bestimmung des relativen Strahlungsvermögens, so wird man sich überzeugen, dass, wenn man die polirten Metalle, welche als solche ein geringes Strahlungsvermögen haben, ein wenig anlaufen lässt, sich dieses bedeutend vergrössert.

Fig. 48.

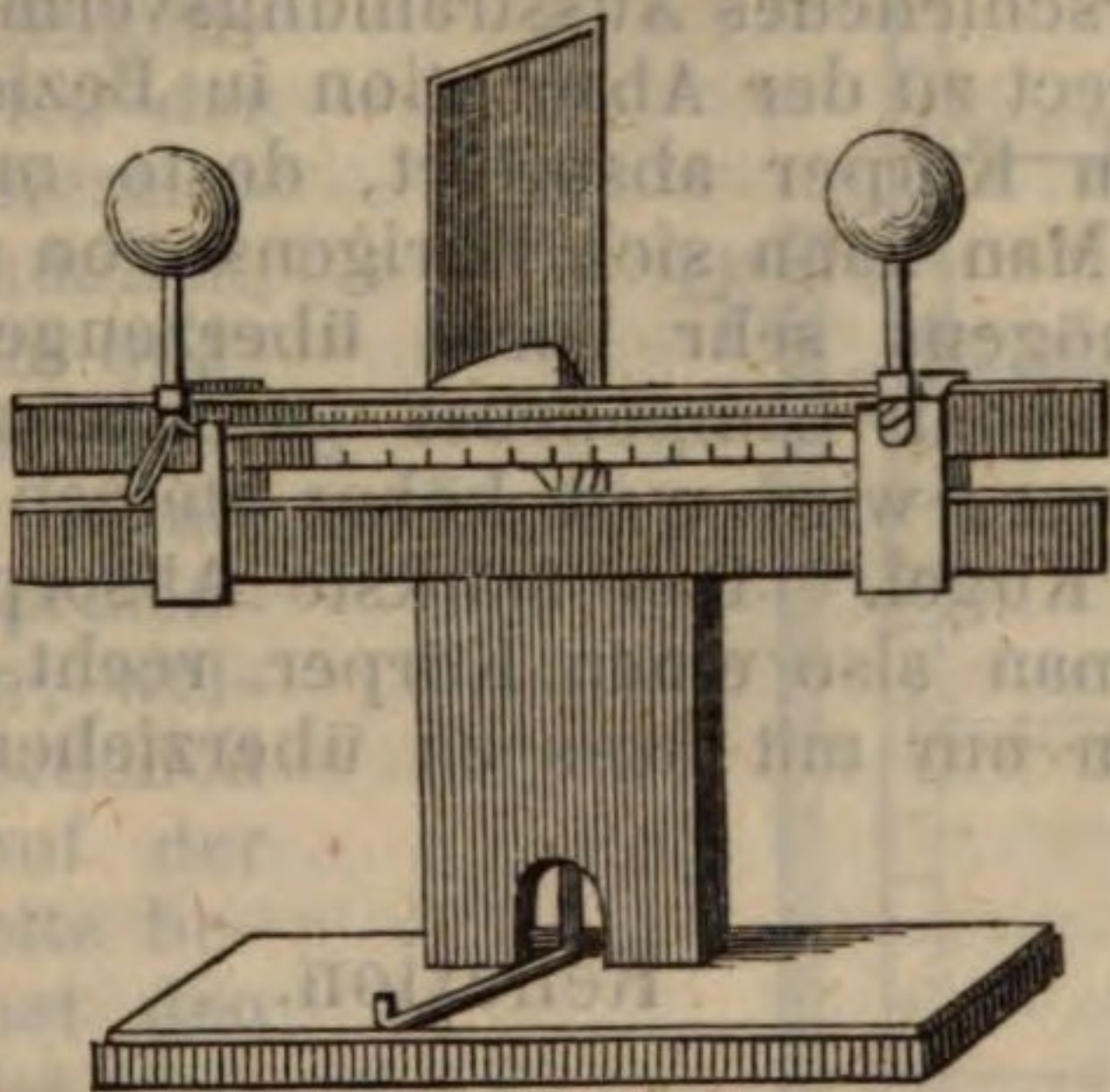
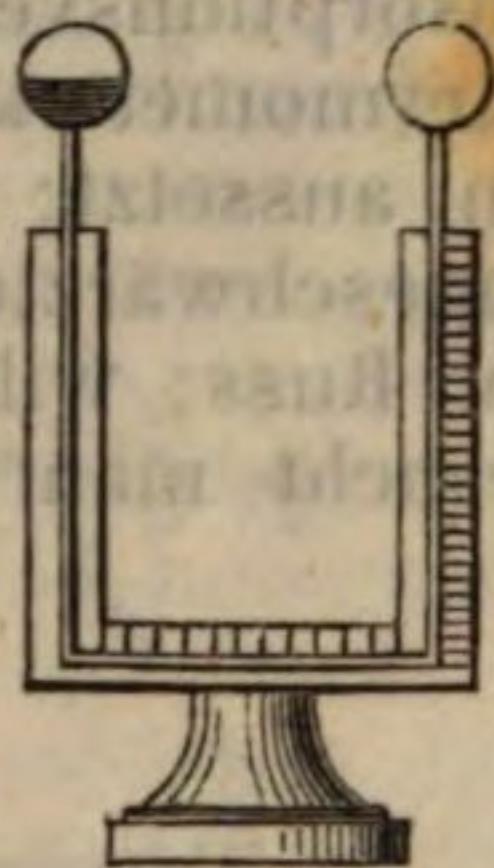


Fig. 49.



Absorption.

§. 23. Die Körper haben auch die Eigenschaft, wenn sie Wärmestrahlen von einem andern Körper empfangen, diese zu absorbiren. Dieses Vermögen ist mehr oder weniger allen Körpern eigen, denn ein jeder Körper, wenn wir ihn den Sonnenstrahlen aussetzen, nimmt eine gewisse Temperatur an; dass dieses aber bei den Körpern ungleich ist, geht schon daraus hervor, weil sie auch ein verschiedenes Ausstrahlungsvermögen haben und die Ausstrahlung direct zu der Absorption in Beziehung steht; denn je mehr Wärme ein Körper absorbirt, desto mehr vermag er auch auszustrahlen. Man kann sich übrigens von der Ungleichheit des Absorptionsvermögens sehr leicht überzeugen, wenn man eine Thermometerkugel mit Lampenruss geschwärzt den Sonnenstrahlen aussetzt; dieses wird weit höher steigen als ein anderes mit ungeschwärzter Kugel. Das stärkste Absorptionsvermögen zeigt der Russ; will man also einen Körper recht stark erwärmen, so braucht man ihn nur mit Russ zu überziehen.

Reflexion.

§. 24. Es geht aus dem Gesagten hervor, dass, da die Körper ein ungleiches Absorptionsvermögen besitzen, diese nicht immer alle sie treffenden Strahlen absorbiren und mithin die übrigen zurückgeworfen werden müssen. Man kann sich leicht von dem Reflexionsvermögen überzeugen, wenn man einen Spiegel von polirtem Messing den Sonnenstrahlen aussetzt; man kann alsdann bemerken, dass der grösste Theil der einfallenden Strahlen zurückgeworfen wird und der Spiegel sich selbst fast gar nicht erwärmt, denn das Absorptionsvermögen blanker Metallflächen ist, wie wir gesagt haben, sehr gering, folglich muss das Reflexionsvermögen gross sein. Je geringer das Absorptionsvermögen, desto grösser ist das Reflexionsvermögen der Körper.

Diathermansie.

§. 25. Die Körper haben also die Eigenschaft, wie wir in den letzteren Paragraphen besprochen haben, die Wärme auszustrahlen, zu absorbiren und zu reflectiren; aber es giebt auch viele Körper, welche, wie die durchsichtigen das Licht durchlassen, auch Wärmestrahlen durchlassen, und man hat daher diejenigen Körper, welche sich so verhalten, diatherman genannt, im Gegensatz zu jenen, welche die Wärme anhalten und als atherman bezeichnet werden. Hiernach ist also die Luft diatherman, und ebenso manche feste und flüssige Körper, die es nicht zu sein scheinen, wie z. B. Alaun, Flussspath, krystallisirter Gyps u. s. w.

Um die Körper, rücksichtlich ihrer Fähigkeit, Wärme durchzulassen, einer Prüfung zu unterwerfen, ist am besten der schon erwähnte Thermomultiplicator von Melloni (Fig. 20) geeignet, wie hier genau beschrieben werden soll.

Die Wärmequelle, z. B. eine Lampe, wird an dem Tischchen *D* befestigt; vor demselben befindet sich ein Schirm *m*, um jeden Augenblick die Wärmestrahlen der Einwirkung auf die Thermosäule entziehen zu können, während der mit einem quadratischen Loche versehene Schirm *n* dazu dient, um die Strahlen auf den zu prüfenden Körper zu leiten, welcher sich auf dem Tischchen *C* befindet. Der auf der entgegengesetzten Seite befindliche Schirm *o* hat den Zweck, die Wärme des kleinen Ofens *E* nach Belieben von der Thermosäule abzuhalten, wenn man *E* nämlich zur Prüfung des Ausstrahlungsvermögens benutzen will.

Um einen Körper rücksichtlich seiner Diathermansie zu prüfen, muss man zuerst wissen, welche Wirkung die freie Ausstrahlung der Wärmequelle auf die Magnetnadel im Multiplicator *B* vermittelt der Thermosäule und leitender Drähte *rr* hervorruft. Alsdann lässt man die Kräfte der Wärmequelle auf den zu untersuchenden Körper wirken, und beobachtet, welche Ablenkung der Nadel nun durch die hindurchgelassenen Strahlen bewirkt wird, und findet so

durch die Differenz, in welchem Grade der Körper Wärme durchlässt. Denn die Abweichung der Nadel ist der strömenden Elektrizität proportional, und da die Menge derselben im Verhältnisse zu der mehr oder weniger durchgehenden Wärme wächst, so ist auch die Abweichung der Nadel der Wärmemenge proportional.

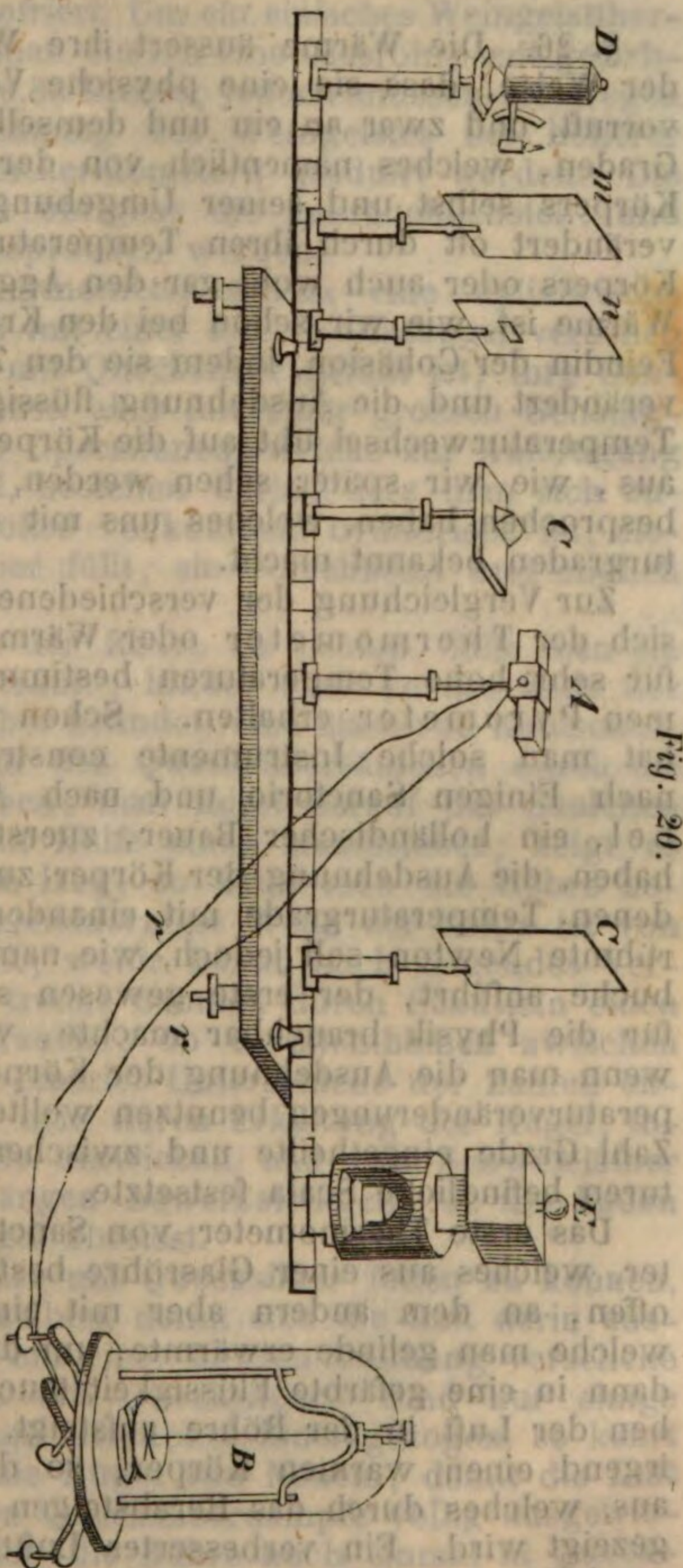


Fig. 20.

Ueber die Messung der wechselnden Wärmemengen oder Temperaturgrade.

Wärmemesser.

§. 26. Die Wärme äussert ihre Wirkung namentlich auch in der Weise, dass sie eine physische Veränderung der Körper hervorruft, und zwar an ein und demselben Körper in verschiedenen Graden, welches namentlich von der Wärmeleitungsfähigkeit des Körpers selbst und seiner Umgebung abhängig ist. Die Wärme verändert oft durch ihren Temperaturwechsel das Volumen des Körpers oder auch wohl gar den Aggregatzustand desselben. Die Wärme ist, wie wir schon bei den Kräften erwähnt haben, oft eine Feindin der Cohäsion, indem sie den Zusammenhang fester Körper verändert und die Ausdehnung flüssiger Körper vergrössert. Der Temperaturwechsel übt auf die Körper einen wesentlichen Einfluss aus, wie wir später sehen werden, nachdem wir ein Instrument besprochen haben, welches uns mit den verschiedenen Temperaturgraden bekannt macht.

Zur Vergleichung der verschiedenen Temperaturen bedient man sich der Thermometer oder Wärmemesser, welche, wenn sie für sehr hohe Temperaturen bestimmt sind, auch wohl den Namen Pyrometer erhalten. Schon vor mehreren Jahrhunderten hat man solche Instrumente construirt, und zwar soll Galiläi, nach Einigen Sanctorio und nach Andern Cornelius Drebbel, ein holländischer Bauer, zuerst die sinnreiche Idee gehabt haben, die Ausdehnung der Körper zu benutzen, um die verschiedenen Temperaturgrade mit einander zu vergleichen. Der berühmte Newton soll jedoch, wie namentlich Biot in seinem Lehrbuche anführt, der erste gewesen sein, welcher das Instrument für die Physik brauchbar machte, wozu erforderlich war, dass, wenn man die Ausdehnung der Körper zur Ermittlung der Temperaturveränderungen benutzen wollte, man eine in bestimmte Anzahl Grade eingetheilte und zwischen zwei constanten Temperaturen befindliche Scala festsetzte.

Das erste Thermometer von Sanctorio war ein Luftthermometer, welches aus einer Glasröhre bestand, die an dem einen Ende offen, an dem andern aber mit einer Glaskugel versehen war, welche man gelinde erwärmte, um die Luft auszutreiben und alsdann in eine gefärbte Flüssigkeit tauchte, die beim Zusammenziehen der Luft in der Röhre aufsteigt. Nähert man nun der Kugel irgend einen warmen Körper, so dehnt sich natürlich die Luft aus, welches durch das Herabsteigen der gefärbten Flüssigkeit angezeigt wird. Ein verbessertes Luftthermometer ist aber das mit zwei Kugeln von Leslie, welches bereits als Differentialthermometer angeführt wurde.

Statt der Gasarten hat man sich gewisser Flüssigkeiten, namentlich des Weingeistes und Quecksilbers bedient, um durch deren verschiedene Ausdehnung in Glasröhren die Temperaturen

zu vergleichen. Das Quecksilber eignet sich besser dazu als Weingeist, weil das Quecksilber einen höheren Siedepunkt hat und empfindlicher gegen die Wärme ist, wiewohl für die Bestimmung grosser Kältegrade die Weingeistthermometer zweckmässiger sind, da das Quecksilber sehr leicht gefriert. Um ein einfaches Weingeistthermometer anzufertigen, füllt man einfach eine Glasröhre mit gefärbtem Weingeist von 0,83 bis 0,85 Dichte; jedoch müssen sie wegen der ungleichförmigen Ausdehnung des Weingeistes bei höherer Temperatur nach Quecksilberthermometern graduirt werden. Die Quecksilberthermometer sind übrigens die gebräuchlichsten, und sollen deshalb hier näher besprochen werden.

§. 27. Die Quecksilberthermometer stellen eine cylindrische Glasröhre dar, welche unten mit einer hohlen Glaskugel versehen und anstatt des Weingeistes mit Quecksilber gefüllt ist; ihre Construction ist sehr einfach, muss aber mit einer grossen Genauigkeit ausgeführt werden. Die Operationen, welche zur Anfertigung des Instrumentes nöthig sind, bestehen darin, dass man sich zunächst überzeugt, ob die Röhre vollkommen cylindrisch ist, alsdann dieselbe mit Quecksilber füllt, sie verschliesst und endlich das Thermometer graduirt.

Um die Gleichmässigkeit der Röhre zu prüfen, füllt man sie mit einer kleinen Quecksilbersäule, bindet dann an das Ende der Röhre, wo sich das Quecksilber befindet, eine Blase von Kautschuk, und drückt auf dieselbe, um das Quecksilbersäulchen durch die ganze Röhre hindurchzutreiben; man misst darauf das Säulchen an verschiedenen Stellen mit Hülfe eines Maassstabes; zeigt es sich dann allenthalben gleich lang, so kann man die Röhre benutzen. Diese Prüfung auf gleichförmige Weite der Röhre ist von ausserordentlicher Wichtigkeit, wofür Bessel noch folgendes Verfahren angegeben hat: Man trenne nämlich durch Schütteln einen Quecksilberfaden, und untersuche, ob er allenthalben zwischen den Theilstrichen der Scala einerlei Unterschiede der Zahlen angiebt. Diese Trennung kann man durch Erkältung der Kugel, indem man sie mit Baumwolle umwickelt und mit Schwefeläther begiesst, in verschiedenen Längen bewerkstelligen, da der Faden gewöhnlich dicht an der Kugel abreisst.

Um nun die geprüfte Röhre mit Quecksilber füllen zu können, erwärmt man die Kugel derselben, damit sich die Luft darin ausdehnt und taucht dann die mit einer kleinen Oeffnung versehene Spitze rasch in ein Gefäss mit Quecksilber. Sind nur einige Tropfen desselben in die Kugel der Röhre hineingezogen, so kehrt man diese um und erhitzt die Kugel von Neuem, damit die Luft durch die sich ausdehnenden Quecksilberdämpfe völlig ausgetrieben wird; taucht man endlich die Röhre noch einmal in Quecksilber, so kann man überzeugt sein, dass die Kugel nun vollständig mit Quecksilber gefüllt ist.

In Fig. 24 a haben wir die Stellung der Röhre während des Füllens. Ist die Füllung geschehen, so schmilzt man die Röhre mit Hülfe des Löthrohrs zu und rundet die Spitze in der Flamme ab.

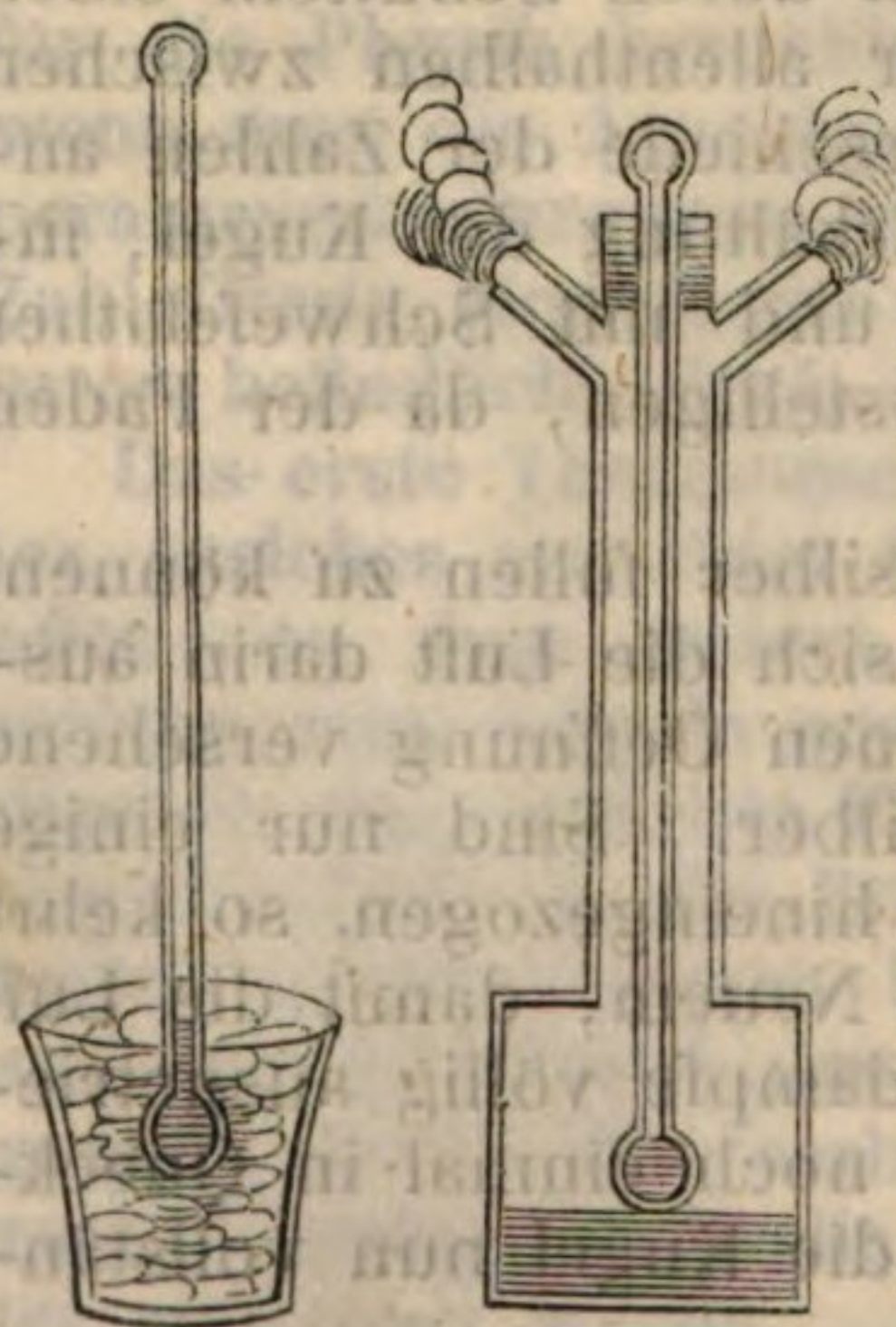
Fig. 21 a.



Hierauf müssen, um das Thermometer graduiren zu können, zwei fixe Punkte, nämlich der Gefrierpunkt und Siedepunkt des Wassers bestimmt und der dazwischen liegende Raum in gleiche Theile getheilt werden. Um den Gefrierpunkt zu bestimmen, steckt man die Kugel in ein Gemisch von destillirtem Wasser und Eis; da nämlich diese Mischung nach kurzer Zeit eine constante Temperatur annimmt, während eine höhere Wärme das Schmelzen von Eis und eine niedrigere das Gefrieren von Wasser veranlassen würde, so bleibt das Ausdehnungsbestreben des Quecksilbers immer dasselbe und das Thermometer ist stationär; folglich hat man nur den Punkt des Gipfels der Quecksilbersäule genau an der Röhre zu markiren.

Zur Bestimmung des Siedepunktes benutzte man gewöhnlich destillirtes Wasser, da man bemerkt hatte, dass, nachdem das Wasser ins Kochen gerathen ist, dasselbe nicht mehr an Temperatur zunimmt, indem die neu hinzugefügte Wärme zur Bildung von Wasserdämpfen erforderlich ist, und, von diesen gebunden, mit ihnen entweicht. Destillirtes Wasser muss nämlich deshalb genommen werden, weil unreines Wasser nicht bei derselben Temperatur ins Kochen geräth. Da indessen die Natur des Gefäßes Einfluss auf die Siedhitze hat, denn bekanntlich geräth das Wasser in metallnen Gefäßen leichter ins Kochen als in gläsernen, so hat man nach Rudberg die Einhüllung des Thermometers in Wasserdämpfe vorgezo-

Fig. 21 b. Fig. 21 c.



gen, welches um so zweckmässiger ist, da die Dämpfe des siedenden Wassers stets bei demselben Luftdrucke dieselbe Temperatur haben, und ganz unabhängig von dem Stoffe des Gefäßes sind. Fig. 21 b und c zeigt die Operationen der Bestimmung des Gefrier- und Siedepunktes.

Man kann diese letztere Operation sehr leicht ausführen, wenn man ein langes Gefäß ein wenig mit destillirtem Wasser füllt und dasselbe zum Kochen bringt; das Gefäß wird sehr bald mit Wasserdämpfen angefüllt sein und das Quecksilber bald stationär bleiben. Dieser Punkt wird als der Siedepunkt genau markirt.

Den Zwischenraum zwischen diesen beiden fixen Punkten theilt man nun auf verschiedene Weise ein. Das für wissenschaftliche Zwecke am meisten gebräuchlichste Thermometer oder sogenannte Centesimalthermometer von Celsius wird in 100 gleiche Theile eingetheilt, indem der Siedepunkt mit 100 und der Ge-

frierpunkt mit 0 bezeichnet wird *). Nach Réaumur wird ersterer durch 80 und der Gefrierpunkt ebenfalls durch 0 angegeben. Nach Fahrenheit aber ist die Theilung der Art, dass man den Siedepunkt durch 212 und den Gefrierpunkt durch 32 anzeigt, so dass also der zwischen beiden Punkten liegende Raum eine Eintheilung von 180° erfährt.

Will man nun die Grade dieser verschiedenen Eintheilung gegenseitig auf einander reduciren, so geschieht dieses sehr leicht, wenn wir bedenken, dass $100^{\circ} \text{ C.} = 80^{\circ} \text{ R.}$ sind; denn folglich ist $1^{\circ} \text{ C.} = 0,8^{\circ} \text{ R.}$ und $1^{\circ} \text{ R.} = 1,25^{\circ} \text{ C.}$ Ferner sind $180^{\circ} \text{ F.} = 100^{\circ} \text{ C.}$, folglich muss $1^{\circ} \text{ F.} = \frac{5}{9}^{\circ} \text{ C.}$ und $1^{\circ} \text{ C.} = \frac{9}{5}^{\circ} \text{ F.}$ sein.

Um nun die Celsius'schen Grade in Réaumur'sche zu verwandeln, hat man die gegebene Gradzahl mit 0,8 oder $\frac{4}{5}$ zu multipliciren. Umgekehrt multiplicirt man die Zahl der Réaumur'schen Grade mit 1,25 oder mit $\frac{5}{4}$.

Will man aber die Reduction der Fahrenheit'schen Grade auf Celsius'sche vornehmen, so hat man zu berücksichtigen, da die Nullpunkte derselben nicht zusammenfallen, dass von der gegebenen Gradzahl 32 abgezogen werden müssen und der Rest mit $\frac{5}{9}$ zu multipliciren ist. Hiernach wird diese Formel entstehen:

$$x^{\circ} \text{ F.} = (x - 32) \frac{5}{9}^{\circ} \text{ C.}$$

Sollen dagegen Celsius'sche Grade in Fahrenheit'sche verwandelt werden, so muss man mit $\frac{9}{5}$ multipliciren und zum Product noch 32 addiren: $x^{\circ} \text{ C.} = (x \frac{9}{5} + 32)^{\circ} \text{ R.}$

Zur vergleichenden Uebersicht mag folgende Tabelle hier Platz finden:

Scala nach Celsius.	Scala nach Réaumur.	Scala nach Fahrenheit.
— 30	— 16	— 4
— 40	— 8	+ 44
0	0	32
+ 40	+ 8	50
20	16	68
30	24	86
40	32	104
50	40	122
60	48	140
70	56	158
80	64	176
90	72	194
100	80	212

*) Man hat auch Thermometer, welche bis zu 350° ausreichen; jedoch weiter darf man nicht gehen, da man sonst dem Siedepunkt des Quecksilbers, welcher 400° ist, zu nahe kommt. Unter 0 kann man sich bis zu 35° auf die Angaben verlassen, da man dem Gefrierpunkte des Quecksilbers, nämlich 40° , noch nicht zu nahe ist.

In England wird meistens das Fahrenheit'sche Thermometer benutzt; das Réaumur'sche findet dagegen im gewöhnlichen Leben sowohl in Deutschland als auch in Frankreich noch häufige Anwendung. Zu bemerken ist jedoch, dass wenn im Laufe unserer Abhandlung von Temperaturgraden die Rede ist, stets die nach der Eintheilung von Celsius gemeint sind.

§. 27. Wiewohl man das Quecksilberthermometer, welches man sich noch für die Bestimmung höherer Temperaturgrade construiren kann, im Ganzen dazu ausreicht, so bedient man sich dennoch auch wohl zur Bestimmung sehr hoher Temperaturgrade der sogenannten Pyrometer, welche hier wenigstens erwähnt werden sollen.

Man hat z. B. ein Luftprometer, welches aus einem sphäroidischen hohlen Körper von Platina besteht, welcher mit einer feinen Röhre versehen ist, aus der die Luft bei der Erhitzung ausströmt. Ein Pyrometer von Daniell gründet sich darauf, dass Reissblei weniger ausdehnbar ist als Platina. Nach Princep benutzt man die Schmelzpunkte verschiedener Metalle zur Bestimmung von Wärmegraden. Ein Pyrometer von Pouillet gründet sich auf das Entstehen eines thermoelektrischen Stromes, wenn Platina und Gold an der Verbindungsstelle erhitzt werden, indem der Strom von der Temperatur abhängt, welcher jener Stelle ausgesetzt ist.

Das gebräuchlichste Pyrometer ist jedoch das von Wedgwood, welches aus Thonkugeln besteht, und darauf beruht, dass der Thon bis zur Rothglühhitze Wasser abgibt, bei höherer Temperatur aber sich zusammenzieht. Wedgwood verfertigte cylindrische Körper von bestimmtem Durchmesser aus Thon, und brachte sie, nachdem sie einer hohen Temperatur ausgesetzt gewesen, zwischen zwei unter einem sehr spitzen Winkel geneigte Lineale. Je tiefer sie nun zwischen diesen hinabsinken, desto höher war die Temperatur, welche bestimmt werden soll.

Ausdehnung fester Körper.

§. 28. Die Ausdehnung fester Körper ist sehr verschieden, da der eine Körper sich beträchtlich mehr ausdehnt als der andere. Soll die Ausdehnung der verschiedenen Körper gemessen und durch eine bestimmte Zahl ausgedrückt werden, so kann sich diese Messung nur unmittelbar auf die Längendimension beziehen. Will man z. B. wissen, wie viel eine Eisenstange sich ausdehnt, wenn sie bis zu 400° erwärmt worden ist, so erfährt man diese lineare Ausdehnung, wenn man die gemessene Länge der Eisenstange bei 400° durch die ursprüngliche bei 0° dividirt; die so erhaltene Zahl nennt man dann den Ausdehnungscoefficienten des Eisens.

Bezeichnen wir die ursprüngliche Länge durch m und die erlittene Ausdehnung durch n , so ist der einem jeden festen Körper in gewissem Grade eigenthümliche Ausdehnungscoefficient

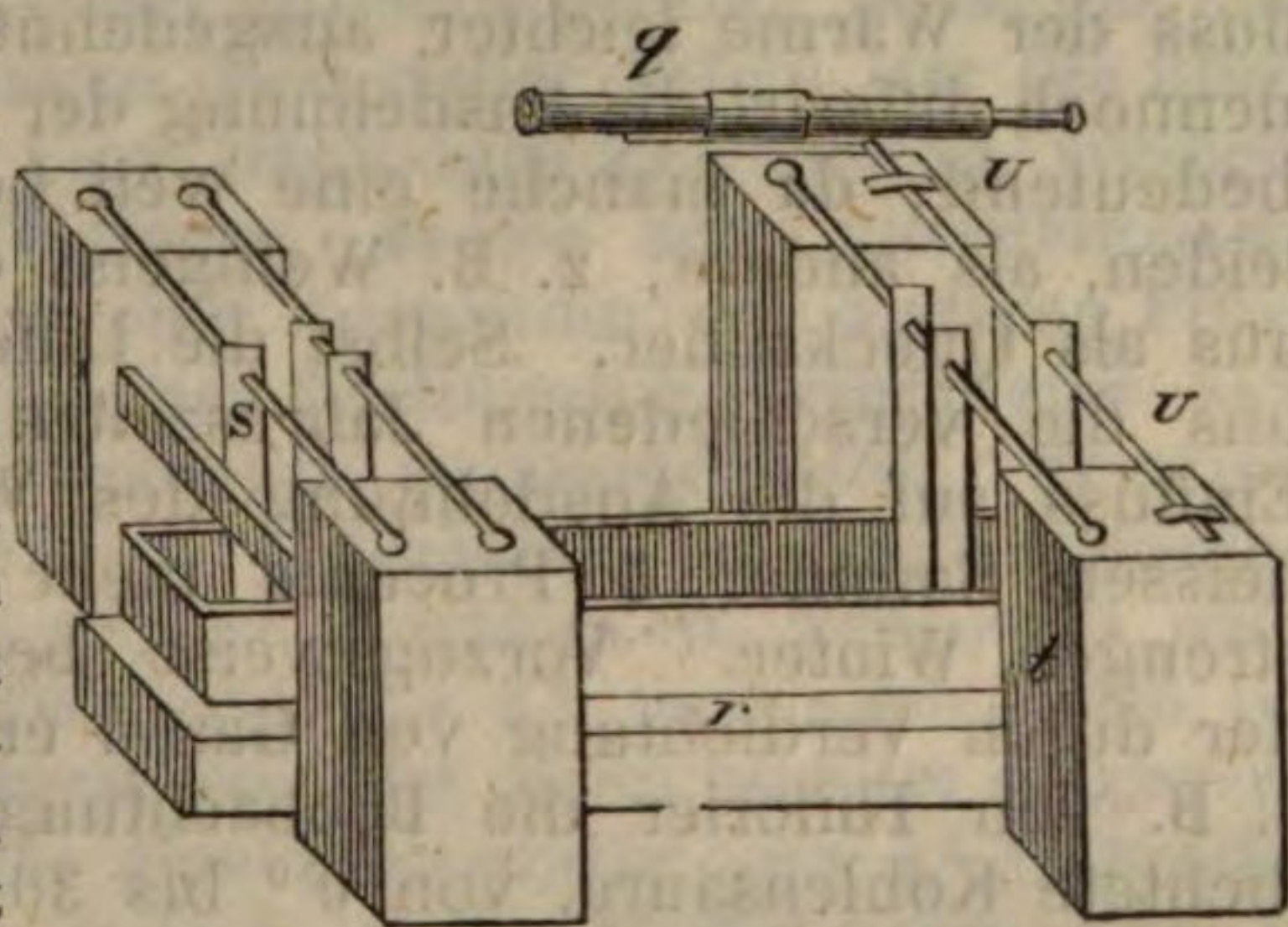
$$x = \frac{n}{m}.$$

Am leichtesten macht man sich die Ausdehnung anschaulich, wenn man zwei dünne Streifen von Kupfer und Platin auf einander löthet; denn da das Kupfer sich viel stärker ausdehnt als Platina, so wird sich dieser Streifen beim Erwärmen krümmen, und zwar so, dass das Kupfer sich auf der Aussenseite der Krümmung befindet.

Da aber zur Messung wegen der oft sehr geringen Ausdehnung auf Mittel gesonnen werden musste, sie dem Auge möglichst deutlich vorzuführen, hat man verschiedene Apparate construiert, von denen wenigstens einige einfache, und zwar zunächst einer von Lavoisier und Laplace, hier angeführt werden sollen (Fig. 22). Eine

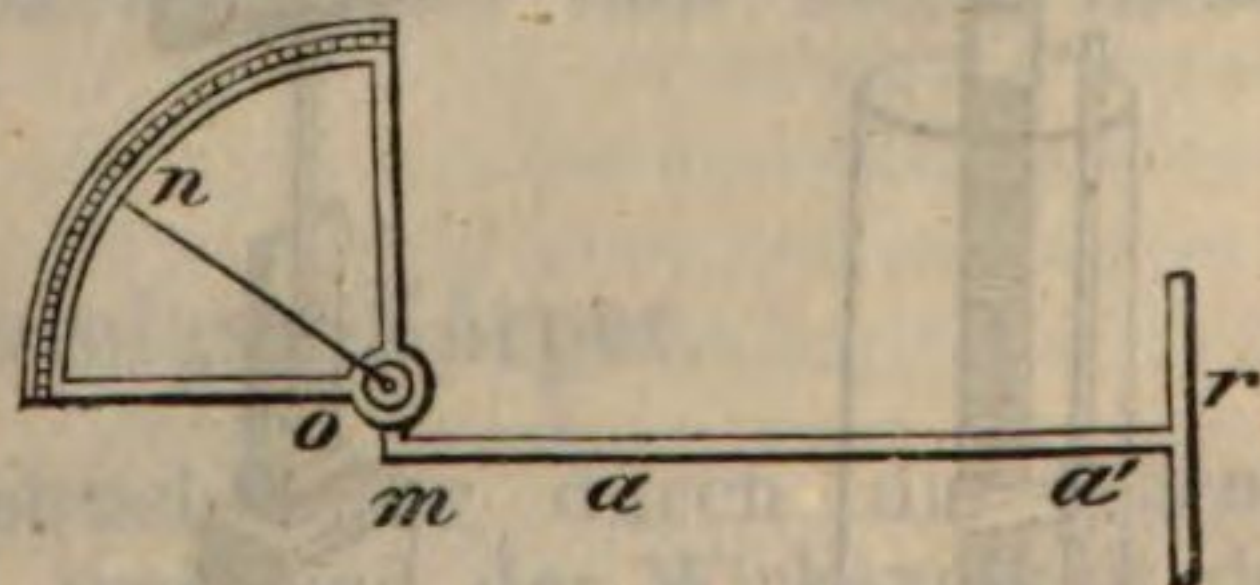
aus dem zu prüfenden Material verfertigte Stange r liegt auf gläsernen Stäben, über welche sie frei hingeleiten kann. Als Widerhalt für das eine Ende dieses Stabes dient ein verticaler gläserner Stab s , der an einem horizontalen eisernen Querstabe hängt, dessen Enden in zwei grosse in den Boden eingesenkte massive Pfeiler von Stein eingekittet sind. Das andere Ende des Stabes r ist in unmittelbarer Berührung mit einem ähnlichen gläsernen Stabe

Fig. 22.



t , der von einem um seine Achse leicht drehbaren Stabe u getragen wird. An der Verlängerung dieser Stange ist ein auf eine Scala gerichtetes Fernrohr q angebracht. Der Glasstab t ist der kürzere, die nach der Scala gerichtete Visirlinie aber der längere Hebelarm. Wenn nun durch die Ausdehnung der Stange r das untere Ende der Stange t auch nur eine sehr kleine Verrückung erfährt, so wird dadurch die Visirlinie des Fernrohrs gedreht, und man kann die kleinste Drehung auf der entfernten Scala ablesen. Einfacher wird freilich dieses durch den in Fig. 23 angegebenen

Fig. 23.



Apparat erreicht; nämlich eine Stange aa' des zu untersuchenden Körpers stützt sich mit einem Ende gegen den festen Widerhalt r , während ihr anderes Ende durch den kürzeren Arm eines Winkelhebels mon wirkt, der sich um den festen Punkt o drehen kann. Wenn nun das Ende m des kürzern Hebelarmes durch die Ausdehnung der Stange aa' auch nur unbedeutend fortgeschoben wird, so wird das andere Ende n einen weit grössern Weg zurücklegen, und man kann auf diese Weise die kleinste Verlängerung der Stange noch sichtbar machen, wenn nur die Länge on im Vergleich zu om bedeutend ist. Da man aber nicht

leicht die Widerlage r und die Drehungsachse o vollkommen unverrückbar machen kann, so möchte jener Apparat vorzuziehen sein.

Die Metalle dehnen sich am meisten aus, und zwar hat sich nach der ermittelten linearen Ausdehnung der gewöhnlichsten ergeben, dass sich Zink am stärksten ausdehnt, während z. B. Blei, Zinn, Silber, Kupfer, Gold, Wismuth, Antimon, Platin, eine in dieser Reihenfolge abnehmende Ausdehnungsfähigkeit zeigen.

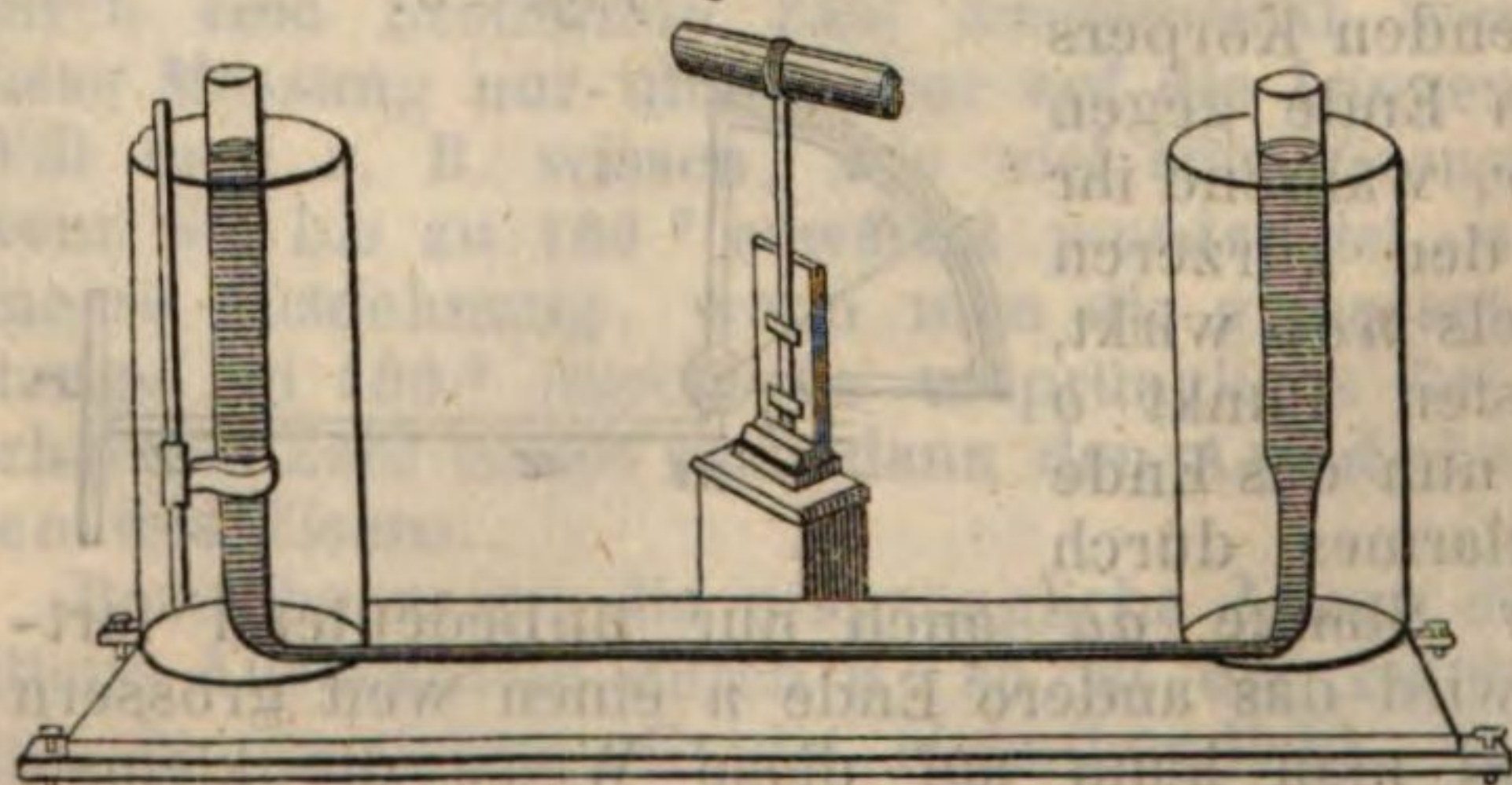
Ausdehnung der Flüssigkeiten.

§. 29. Wegen der schwachen Cohäsion, welche die Theilchen eines flüssigen Körpers zusammenhält, werden diese durch den Einfluss der Wärme leichter ausgedehnt als die festen Körper, aber dennoch differirt die Ausdehnung der verschiedenen flüssigen Körper bedeutend, da manche eine weit beträchtlichere Ausdehnung erleiden, als andere; z. B. Weingeist dehnt sich sechs mal stärker aus als Quecksilber. Selbst die Differenz der Temperatur, welche uns die verschiedenen Jahreszeiten bringen, hat einen solchen Einfluss auf die Ausdehnung des Weingeistes, dass derselbe im heissen Sommer 5 Procente mehr Masse haben wird als im strengen Winter. Vorzugsweise bedeutend ist die Ausdehnung der durch Verdichtung von Gasen erhaltenen Flüssigkeiten; es ist z. B. von Thilorier die Beobachtung gemacht worden, dass verdichtete Kohlensäure, von 0° bis 30° erwärmt, sich so beträchtlich ausdehnt, dass 20 Volumina 29 Volumina geben; dies ist mithin eine vier mal grössere Ausdehnung als die der Luft.

Man findet auch bei den flüssigen Körpern, dass, wenn sie einer höhern Temperatur nahe kommen, ihre Ausdehnung beträchtlicher wird, welches am wenigsten bei dem Quecksilber der Fall ist, weshalb dieses, wie schon bei der Construction des Thermometers erwähnt wurde, wegen seiner gleichförmigen Ausdehnung, am geeignetsten für Wärmemesser ist.

Um zu erfahren, wie sehr sich die Flüssigkeiten ausdehnen, haben Dulong und Petit einen Apparat (Fig. 24) mit zwei commu-

Fig. 24.



nicirenden Röhren construiert, welcher zur Bestimmung der absoluten Ausdehnung von Flüssigkeiten sehr zweckmässig ist. Es wird nämlich die Flüssigkeit in dem einen Schenkel einer communicirenden Röhre erwärmt und alsdann

beobachtet, wieviel sie höher steht als das Niveau der Flüssigkeit in der andern Röhre, die man auf einer constanten Temperatur

erhalten muss. Die Flüssigkeitssäulen halten sich gegenseitig im Gleichgewicht und die kürzere Säule der dichtern Flüssigkeit trägt eine längere Säule der ausgedehnten Flüssigkeit. Soll aber der Niveauunterschied der beiden Flüssigkeitssäulen genau das Mass der Ausdehnung geben, so muss vor allen Dingen beachtet werden, dass die Schenkel wirklich vertical sind, dass nicht allein die Temperatur genau gemessen, sondern auch hinreichend lange auf derselben Stufe erhalten wird, um den Niveauunterschied messen zu können. Ferner ist ein perspectiv und eine genaue Eintheilung nöthig, um die geringsten Höhenunterschiede wahrzunehmen.

Andere Verfahrungsarten geben nur die scheinbare Ausdehnung an, und man muss dazu die der festen Körper kennen, um die absolute Ausdehnung darnach zu bestimmen; da dieses aber nicht immer mit der gehörigen Sichreheit geschehen kann, so ist das hier angegebene Verfahren vorzuziehen, und daher haben wir die übrigen bekannten weggelassen. Eine besondere Erwähnung verdient jedoch die Ausdehnung des Wassers, da sie sehr unregelmässig ist. Das Wasser macht nämlich eine Ausnahme von anderen Flüssigkeiten, indem dasselbe bei einer bestimmten Temperatur sich nicht ausdehnt, sondern fortwährend zusammenzieht. Erwärmt man eiskaltes Wasser, d. h. von 0° allmählig, so fängt dasselbe an bis zur Temperatur seiner grössten Dichtigkeit, welche es nach Hallström bei $4,4^{\circ}$ C., nach Despretz bei 4° und nach Kopp bei $4,08^{\circ}$ besitzt, sich zusammenzuziehen, und wenn man im entgegengesetzten Falle Wasser, welches eine Temperatur von 4° C. besitzt erkältet, so dehnt es sich aus; jedoch ist die Ausdehnung unter 4° sehr gering.

Merkwürdig ist übrigens, dass wenn man das Wasser in einer Thermometerröhre um eine gleiche Anzahl von Graden über 5° erwärmt oder unter 5° abkühlt, sich dasselbe auf eine gleich grosse Weise ausdehnt.

Um endlich nachzuweisen, dass das Wasser bei 4° seine grösste Dichtigkeit besitzt, fülle man ein hohes cylindrisches Glas mit Wasser von 0° , stelle dieses in ein Zimmer und bringe an den Boden sowie nahe unter die Oberfläche des Wassers zwei Thermometer. Man wird alsbald wahrnehmen, dass das untere Thermometer schneller steigt als das obere, bis es 4° anzeigt; dann aber wird es von dem obern eingeholt und nun steigt dieses schneller als das untere. *)

Ausdehnung gasförmiger Körper.

Die Gase dehnen sich weit beträchtlicher durch die Wärme aus als starre und flüssige Körper, weil von der Wirksamkeit der Cohäsionskraft unter ihren Theilchen gar keine Rede mehr sein

*) Weil sich das Wasser von 4° zu Boden senkt, so kann sich im stillstehenden Wasser kein Grundeis, im fliessenden Wasser aber deshalb bilden, weil durch Mischung die Erkältung gleichförmig wird.

kann, sondern vie mehr eine Repulsion sich unter ihnen geltend macht.

§. 30. Von Gay-Lussac und später von Dulong und Petit angestellte Versuche haben ergeben, dass alle permanenten Gase bei gleichem Luftdrucke und bei einer gleichen Anzahl von Graden sich auf gleiche Weise ausdehnen, und dass diese Ausdehnung mit der Wärmezunahme in gleichem Verhältniss steht, so lange die Gase dem Tropfbarflüssigwerden nicht zu nahe sind.

Gay-Lussac war der erste, welcher constante Resultate erzielte; derselbe bediente sich zu seinen Versuchen eines Glasrohres, an welchem, wie an einem gewöhnlichen Thermometer eine Kugel angeblasen war. Das Verhältniss des Inhaltes der Kugel zu dem des Rohres wurde bestimmt, indem die Kugel trocken gemacht und dann das Gewicht des Quecksilbers ermittelt wurde, welches die Kugel zu fassen im Stande war.

Aus dem Verhältnisse des gefundenen Gewichts lässt sich dann auf das Verhältniss der Volumina schliessen. Man theilt nun das Rohr so ein, dass jeder Raumtheil desselben $\frac{1}{1000}$ von dem der Kugel ist. Man bringt alsdann die Gasart, welche durch Chlorcalcium getrocknet sein muss, in das Rohr, so dass sie das Quecksilber und einen kleinen Theil desselben aus dem Rohre verdrängt. Man legt dann die Röhre in horizontaler Lage in ein eisernes Gefäss und befestigt sie mit einem Korkstöpsel, dass die hervorragende Quecksilbersäule noch sichtbar ist, wenn das Wasser, mit welchem das Gefäss gefüllt wird, 0° hat. Wird nun das Wasser erwärmt, so wird die Quecksilbersäule noch weiter fortgeschoben. Schiebt man hierauf das Rohr weiter hervor, so dass die ganze Gasmenge die Temperatur des Wassers annimmt, so wird man leicht die Ausdehnung finden.

Nach neuern Beobachtungen von Magnus und Regnault ist als Mittel für die Grösse der Ausdehnung die Zahl 0,366 gefunden worden, d. h. wenn das Volumen eines Gases bei $0^{\circ} = 1$ ist, so ist es bei $100^{\circ} = 1,366$.

Einfluss der Wärme auf den Aggregatzustand der Körper.

§. 31. Wir sprachen jetzt von der physischen Veränderung der Körper, welche die Wärme bedingt, indem sie auf das Volumen einen Einfluss ausübt; von eben solcher Wichtigkeit ist aber auch der Einfluss, welchen sie auf den Aggregatzustand beansprucht, wie schon im ersten Capitel erwähnt wurde.

Die Aggregate der Materie treten, wie uns bekannt ist, in festen, flüssigen und gasförmigen Formen auf, welche durch die Wärme verändert werden können. Geht ein fester Körper in den flüssigen Zustand über, so nennt man diese Veränderung Schmelzung: jedoch können auch feste Körper durch Verdunstung in den flüssigen Zustand übergehen. Den Uebergang vom flüssigen in den festen Aggregatzustand nennen wir Erstarrung und den des gasförmigen in den flüssigen Zustand Condensation.

§. 32. Das Phänomen der Schmelzung hängt von einer bestimmten Temperatur ab, welche der Körper zum Uebergange vom festen Zustande in den flüssigen nöthig hat. Die Temperatur ist aber nicht für alle Körper dieselbe, denn einige sind schon bei einer niedrigen Temperatur schmelzbar und erfordern daher wenige Wärmegrade, während andere erst bei einer hohen Anzahl von Graden diese Veränderung erleiden, z. B. Eis, Fette, Schwefel u. s. w. sind weit leichter schmelzbar als Metalle. Manche Körper, und namentlich organische, zersetzen sich durch den Einfluss der Wärme, ehe sie schmelzen. Leicht schmelzbar sind folgende Substanzen: Gelbes Wachs schmilzt bei 64°

Phosphor - - 45°

Schwefel - - 109°

Zinn - - 230°

Blei - - 334°

Zink - - 360°

Schwerer schmelzen dagegen Silber, Gold, Eisen, Kupfer u. s. w.

Silber schmilzt bei 1000°

Kupfer - - 1094°

Gold - - 1250°

Gusseisen - - 1200°

Gehämmertes engl. Eisen - - 1600°

Vorzüglich bemerkenswerth ist, dass ein Körper, wenn er in den flüssigen Zustand übergeführt wird, bis zu einer bestimmten Temperatur fest bleibt, und erst dann, wenn er dieser ausgesetzt ist, flüssig zu werden beginnt; diesen Punkt, bei welchem der Uebergang aus dem festen in den flüssigen erfolgt, nennt man den Schmelzpunkt, welcher für jeden Körper, der die Schmelzung erleidet, constant ist.

Wir beobachten aber auch, dass sich während des Schmelzens die Temperatur nicht ändert, wieviel Wärme auch dem Körper zugeführt werden mag, eine Erscheinung, die nicht allein von grossem Interesse, sondern auch von grosser Wichtigkeit ist. Es muss demnach eine gewisse Quantität Wärme, die nicht durch das Gefühl und das Thermometer bemerkbar ist, absorbirt werden.

Früher glaubte man, dass ein ins Schmelzen gebrachter Körper nicht mehr Wärme in sich aufnehme, als durch das Thermometer zu ermitteln sei, bis Black im Jahre 1763 nachwies, dass eine gewisse Wärmemenge in den Körper übergeht und von demselben absorbirt wird, um zu schmelzen. Man nennt daher diese unmerkliche Wärmemenge, welche als verborgen und als gebunden zu betrachten ist, latente Wärme. Diese latente Wärme, welche beim Schmelzen gebunden wird, entweicht beim Erstarren der Körper wieder, und daher können wir die latente Wärme als die Zahl der Wärmeeinheiten betrachten, welche von einem Körper in dem Augenblicke der Veränderung seines Aggregatzustandes absorbirt oder entwickelt wird.

Zur Ueberzeugung hiervon kann man nun ein Gefäss mit Schnee von 0° und ein zweites mit Wasser von 0° in kochendes

Wasser stellen; man wird alsdann bemerken, dass die Temperatur in dem ersten Gefäße nicht eher steigt, bis sämtlicher Schnee geschmolzen ist, während die Temperatur des Wassers sogleich zunimmt. Mischt man ein Pfund Eis von 0° mit einem Pfunde Wasser von 75° , so schmilzt der Schnee vollständig und man erhält zwei Pfund Wasser von 0° Temperatur. Das heisse Wasser von 75° wurde also bis auf 0° abgekühlt und theilte dem Schnee die 75° mit, um in Wasser von 0° umgewandelt zu werden. Die Wärmemenge wird folglich nur absorbirt und ist als latente Wärme zu betrachten, da keine Erhöhung der Temperatur erfolgt. Lässt man nun das Wasser gefrieren, so wird die Wärme wieder frei. Merkwürdig ist übrigens auch und verdient hier wenigstens erwähnt zu werden, dass, wenn ein starrer Körper durch Hülfe eines chemischen Processes, ohne Zuführung von Wärme schmilzt, Kälte entsteht. Während beim Schmelzen eines Körpers Wärme gebunden wird, findet auch dasselbe statt, wenn ein fester Körper durch Auflösung in den flüssigen Zustand umgewandelt wird. Wirft man ein leicht lösliches Salz in Wasser und bewerkstelligt die Auflösung durch Umrühren, so wird die Temperatur des Lösungsmittels sinken. Mischt man Schnee von -10° und Kochsalz von -40° miteinander, so entsteht eine flüssige Salzlösung, deren Temperatur sinkt, indem viel Wärme gebunden wird. Hierauf beruhen die sogenannten Kältemischungen, deren wir hier einige nebst der Temperaturerniedrigung anführen wollen.

Werden 5 Theile Salmiak und 5 Th. Salpeter, fein gestossen, in 49 Th. Wasser aufgelöst, so sinkt die Temperatur von 40° bis auf -42° . Wird gepulvertes Glaubersalz mit Salzsäure übergossen, so sinkt die Temperatur von $+40^{\circ}$ bis auf -47° . Bei einer Mischung von 3 Th. salzsaurem Kalk und 2 Th. Schnee von 0° bis -28° , von verdünnter Schwefelsäure und Schnee zu gleichen Theilen wird die Temperatur sogar von -7° bis -54° erniedrigt.

§. 33. Entzieht man dem flüssigen Körper die erforderliche Wärme, so erfolgt die der Schmelzung entgegengesetzte Erstarrung. Der Punkt, bei welchem dieser Uebergang stattfindet, fällt nahe mit dem Schmelzpunkte zusammen, so dass die Temperatur immer nur ein wenig geringer als die des letztern ist. Eine wesentliche Erscheinung beim Erstarren ist ausserdem die, dass die latente Wärme, welche beim Schmelzen gebunden wurde, wieder frei wird.

Rücksichtlich des Erstarrungspunktes hat Rudberg, welcher überhaupt sich mit Beobachtungen über das Festwerden beschäftigte, den des Zinns bei 228° gefunden, während es den Schmelzpunkt bei 230° hat, und den Erstarrungspunkt des Bleis bei 325° , während der Schmelzpunkt 334° ist. Die Erscheinung des Freiwerdens der latenten Wärme beim Uebergange eines flüssigen Körpers in den festen Zustand nimmt man sehr schön nach einer von Böttger angegebenen Weise wahr.

Es wird ein kleiner Glaskolben (Fig. 25), welcher 12—14 Loth Wasser zu fassen vermag und mit einem weiten Halse versehen ist, mit

Fig. 25.



gestossenem, krystallisirtem, unterschwefligsaurem Natron gefüllt. Bei vorsichtiger Erhitzung schmilzt das Salz bei einer Temperatur von 45° Réaumur in seinem Krystallwasser, und bei fortgesetztem Erwärmen geräth das Salz ins Sieden. Hat man dies erlangt, so verschliesst man das Kölbchen mit einem guten Kork und stellt es, um es langsam abkühlen zu lassen, auf einen schlechten Wärmeleiter. Nach einigen Stunden ist das Kölbchen nebst Inhalt bis auf die Temperatur der umgebenden Luft erkaltet, ohne dass das Salz erstarrt, wenn man es vor Erschütterung bewahrt; nimmt man nun aber den Kork mit Vorsicht ab und taucht die eine Thermometerkugel bis unter das Niveau der Flüssigkeit ein, so geht die Krystallisation in vollem Maasse vor sich und das Thermometer steigt um $18 - 20^{\circ}$. Uebrigens kann man sich auch einen Beweis liefern, wenn man Wasser unter 0 bis zu 5° erkaltet. Geschieht dieses bei vollkommener Ruhe, so wird das Wasser nicht gefrieren, schüttelt man es aber, so wird ein Theil desselben erstarren und das übrige Wasser hat die Temperatur von 0° . Diese Temperaturerhöhung des übrigen Wassers ist ein Beweis, dass die gebundene Wärme in dem Augenblicke frei geworden ist, in welchem ein Theil die feste Gestalt annahm.

Vom Sieden und Verdunsten.

§. 34. Wird in einem Gefässe eine Flüssigkeit, z. B. Wasser erhitzt, so bilden sich im Anfange Luftbläschen, welche entweichen. Bei gesteigerter Temperatur aber bilden sich am Boden des Gefässes grössere Bläschen, durch deren Zusammenziehen und Verschwinden das eigenthümliche Zischen und Singen entsteht. Steigt aber die Temperatur noch höher, so steigen auch die Blasen, welche Dampf sind, höher und es entsteht eine wallende Bewegung in der Flüssigkeit, die wir das Sieden nennen. Am besten kann man diese Erscheinung in einem Glasgefässe beobachten; man wird auf diese Weise die Bildung und Vergrösserung der Bläschen, sowie die des Dampfes wahrnehmen können; letzterer wird erst dann sichtbar, wenn er sich durch Vermischung mit kalter Luft zu Tropfen condensirt.

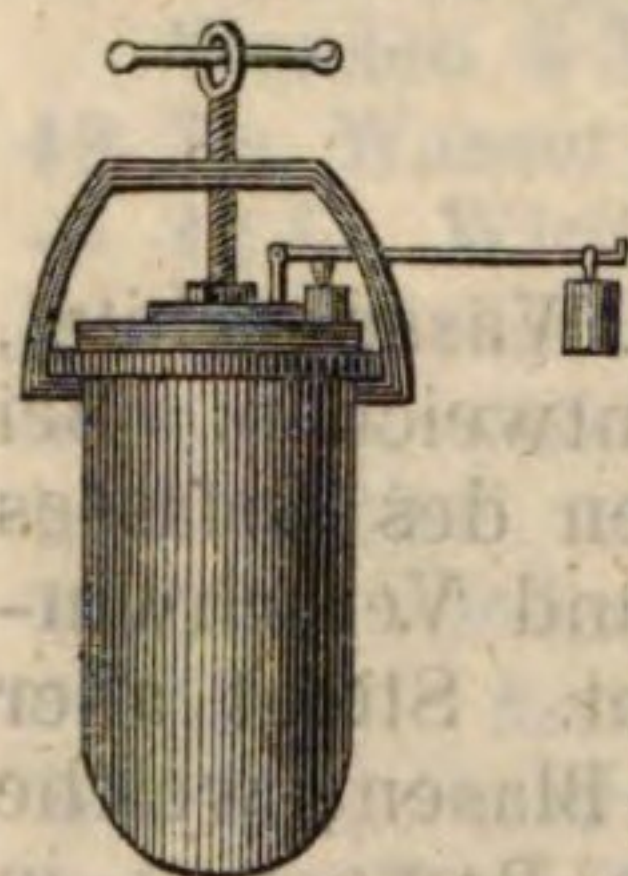
Die Erreichung des Punktes, bei welchem eine Flüssigkeit ins Sieden geräth, ist von verschiedenen Einflüssen abhängig, sodass der ihr eigenthümliche Siedpunkt nicht wie der Schmelzpunkt eines Körpers constant genannt werden kann, sondern je nach Umständen variirt. Denn der Siedpunkt der Flüssigkeit ist nach dem Luftdrucke, welcher auf sie ausgeübt wird, ein verschiedener. Eine Flüssigkeit wird um so schwerer ins Sieden gerathen, je höher der Barometerstand ist; denn der Luftdruck ist namentlich in

verschiedenen Gegenden nicht immer gleich. *) Um sich zu überzeugen, wie sehr abhängig der Siedpunkt einer Flüssigkeit vom Druck der Luft ist, bringe man ein Gefäss mit Wasser von etwa 30° Temperatur unter den Recipienten einer Luftpumpe und vermindere den Luftdruck durch Auspumpen; man wird dann alsbald bemerken, dass, wenn der Druck 30 Millimeter gleich ist, das Wasser ebenso als ob es über loderndem Feuer stände, zu kochen beginnt. Das Sieden wird aufhören, sobald der Recipient mit Dampf angefüllt ist, weil dieser nun einen Druck auf die Flüssigkeit ausübt.

Um auf eine noch mehr auffallende Weise wahrzunehmen, wie sehr der auf der Flüssigkeit lastende Dampf das Sieden verhindert, bringe man Wasser in einem Glaskolben mit langem Halse ins Kochen; nachdem man die Luft ausgetrieben und denselben verkorkt hat, kehre man ihn um und begiesse den obern Theil mit kaltem Wasser. Sowie dieses geschieht, wird man bemerken, dass die Flüssigkeit, welche zuvor nicht kochte, in ein heftiges Sieden geräth, weil nun der sich bildende Dampf condensirt und dadurch der von diesem hervorgebrachte Druck vermindert wird.

Vermehrt man den Druck, welcher auf die Flüssigkeit ausgeübt wird, so wird das Kochen verzögert und dieses bei ausreichendem Druck sogar ganz verhindert. Solches geschieht bei dem in Fig. 26 abgebildeten Papinian'schen Topfe, welcher von dem

Fig. 26.



Gelehrten Papin im 17. Jahrhunderte erfunden worden ist. Derselbe ist von starkem Kupfer oder Messing verfertigt und durch ein Sicherheitsventil verschlossen, welches mit bedeutendem Gewichte belastet werden muss. In diesem Apparate kann man sehr hohe Temperaturen des Wassers hervorbringen, weil das Kochen durch den sich fortwährend bildenden Dampf, welcher einen bedeutenden Druck ausübt, verhindert wird, denn die stets zuströmende Wärme geht in das Wasser ein, während sonst beim Kochen an der freien Luft immer ein Theil derselben als latente Wärme von dem sich bildenden Dampf absorbirt wird; beim Oeffnen des Apparats strömt der Dampf mit grösster Heftigkeit aus, und die Temperatur sinkt um ein Beträchtliches, weil nun eine bedeutende Menge Wärme von dem sich bildenden Dampfe gebunden wird. Ausser

*) Da hier vom Luftdruck die Rede ist, so möge Folgendes hier Platz finden: Obgleich die Luft sehr leicht und sogar 815 mal leichter als Wasser ist, so übt dieselbe dennoch wegen ihrer Schichtenmasse einen solchen bedeutenden Druck auf die Erde aus, dass derselbe 15 Pfund auf einem Quadratzoll Flächengehalt beträgt. Um den Druck der Luft augenscheinlich zu machen, braucht man nur eine 30 Zoll lange Glasröhre, welche nur an einem Ende offen ist, mit Quecksilber zu füllen; die Röhre unter Verschluss des offenen Endes mittelst des Fingers umzukehren und in ein mit Quecksilber angefülltes Gefäss zu bringen. Befindet sich die Oeffnung der Röhre unter dem Niveau des Quecksilbers, so entzieht man derselben den Finger. Das Quecksilber wird nun nicht herausfallen, sondern die Säule nur um zwei Zoll sinken, so dass dieselbe nur 28 Zoll beträgt. Hieraus folgt nun,

dem Druck hat auch die Flüssigkeitssäule einen Einfluss auf die Theilchen einer Flüssigkeit, denn die in derselben aufsteigenden Blasen haben auch den Druck der Flüssigkeit, welcher sich über ihnen befindet, zu besiegen, um emporsteigen zu können.

Noch zu erwähnen ist in Bezug auf den Siedpunkt einer Flüssigkeit, dass, wenn fremde Substanzen in die Flüssigkeit hineingeworfen werden und sich mit der betreffenden Flüssigkeit vereinigen, diese einen wesentlichen Einfluss auf den Siedpunkt ausüben, denn sämtliche in Wasser lösliche Salze erhöhen den Siedpunkt desselben. So ist z. B. der Siedpunkt einer Lösung von 48,5 Th. kohlensaurem Natron in 400 Th. Wasser = $104,6^{\circ}$; der reinen Kochsalzlösung (44,2 Th. Kochsalz in 400 Th. Wasser) = $108,3^{\circ}$; der Siedpunkt einer Lösung von 335 Th. Salpeter in 400 Th. Wassers = $115,9^{\circ}$; der Siedpunkt einer Lösung von essigsäurem Kali (798,2 Th. dieses Salzes in 400 Th. Wasser) = 169° . Diese Beispiele mögen genügen um zu beweisen, wie sehr der Siedpunkt je nach der Substanz differirt und wie wesentlich der Einfluss ist; denn der Siedpunkt des Wassers ist ja bei gewöhnlichem Luftdruck, d. h. bei 28 Zoll Barometerstand, 100° .

§. 35. Eine wesentliche Bedingung ist aber auch für das Kochen und namentlich für die Schnelligkeit des Kochens, dass in einer gegebenen Zeit hinreichende Wärme zuströmt, um die Flüssigkeit auf dem Siedepunkte zu erhalten; diese Zuströmung von Wärme ist der durch die Dampfbildung absorbirten latenten Wärme proportionirt, die bedeutender ist als die Quantität, welche in die Flüssigkeit übergeht. Da nun aber, wenn einmal die Flüssigkeit im Sieden begriffen ist, die Temperatur dieselbe bleibt, wenn für die Dampfbildung hinreichend Wärme zugeführt wird, so wird ein heftigeres Feuer, mit welcher Lebhaftigkeit man es auch anwenden mag, die Flüssigkeit nicht heisser machen, wovon man sich leicht mit Hülfe des Thermometers überzeugen kann; man wird wahrnehmen, dass nur die Temperatur des der Flüssigkeit eigenthümlichen Siedepunkts je nach Umständen des Luftdrucks zu erreichen ist. Daraus geht also hervor, und dieses ist für die Ersparniss von Feuermaterial sehr wesentlich wichtig, dass, wenn eine Flüssigkeit einmal siedet, die Anwendung von stärkerm Feuer überflüssig ist, und dass eine Flüssigkeit, wenn man sie auf sehr heftigem Feuer sieden liess, nicht heisser wird, als wenn dies auf mässigem geschah. Man hat aber nun auch gefunden, dass trotz der fortwährend zuströmenden Wärme die Temperatur des sich bildenden Dampfes ebenfalls nicht höher ist als der Siedepunkt des Wassers, die Wärme muss also in die Flüssigkeit übergehen und sie in Dampf verwandeln, ohne die Temperatur zu erhöhen. Diese ver-

dass eine entgegenwirkende Kraft das Quecksilber am Herausfallen hindern muss, welche durch den Druck der atmosphärischen Luft hervorgerufen wird; ferner aber auch, dass dieser Druck geringer ist als der einer Quecksilbersäule von 30 Zoll, nämlich nur dem Drucke einer Quecksilbersäule von 28 Zoll entspricht. Ein solcher Apparat, welcher als Barometer bekannt ist, dient zur Messung des Luftdruckes.

schwindende Wärme wird allgemein als latente Wärme des Dampfes, und zwar beim Wasserdampfe zu circa 54° angenommen, d. h. der Wasserdampf bindet so viel Wärme als nöthig ist, um die Quantität des verdampften Wassers auf 54° zu erhöhen. *)

Die Zuführung der Wärmemenge aber, welche zur Dampfbildung in einer gewissen Quantität erforderlich ist und in einer gegebenen Zeit in die Flüssigkeit übergehen kann, hängt übrigens noch von mehreren Umständen ab, nämlich sowohl von der Wirksamkeit der Feuerstelle und der Natur des angewandten Feuermaterials, als auch von der Natur und Stärke der Gefässwände.

§. 36. Merkwürdig ist die Erscheinung, dass manche Flüssigkeiten, selbst bei Berührung mit glühenden Metallflächen, nicht ins Kochen gerathen. Lässt man einen Wassertropfen auf ein glühendes Eisen oder eine kleine Schale von Platina, welche ebenfalls bis zum Rothglühen erhitzt wurde, fallen, so zeigt derselbe durchaus keine Adhäsion zur Oberfläche des Metalls, sondern nimmt in seiner kugelförmigen Gestalt eine rotirende Bewegung an, ohne ins Kochen zu gerathen. Erst dann, wenn die Metallfläche sich abzukühlen beginnt, erfolgt ein rasches Sieden und Verdunsten, welches oft mit einem plötzlichen Knall geschieht. Dieser Versuch, welchen Leidenfrost zuerst anstellte, spricht dafür, dass unter solchen Umständen keine innige Berührung zwischen dem Wassertropfen und der Metallfläche, sondern eine förmliche Repulsion stattfinden muss, die in der strahlenden Wärme der glühenden Metallflächen ihren Grund hat. **)

Diese abstossende Kraft der strahlenden Wärme wirkt offenbar hier der Adhäsion entgegen, wie überhaupt ja die Wärme die Adhäsion des Wassers am Glase vermindert. Ob nun die Repulsivkraft der Adhäsion so stark entgegenwirkt, dass gar keine Berührung zwischen dem Wassertropfen stattfindet, ist nicht entschieden, scheint aber allerdings nach Leidenfrost's Versuch dafür zu sprechen. Perkins wollte sogar einen messbaren Abstand, wenigstens $\frac{1}{16}$ Zoll betragend, bemerkt haben, während andere Physiker diese Abstossungstheorie zu widerlegen suchten. Boutigny trat neuerdings wieder als Vertheidiger der Abstossungstheorie auf, indem er nach mehreren Versuchen seine Behauptung darauf stützte, dass sich der Leidenfrost'sche Versuch auf einem Metallgitter anstellen liesse, ohne

*) Auf diese bedeutende Menge gebundener Wärme, welche der Wasserdampf enthält, gründet sich die Anwendung der Dampfleitungsröhren, indem der Dampf sich darin verdichtet und die gebundene Wärme entweichen lässt.

**) Aehnliche Versuche wurden nun, da das Leidenfrost'sche Phänomen die Aufmerksamkeit bis in die neueste Zeit auf sich gezogen, von mehreren Physikern gemacht. Boutigny hat durch manche Versuche dargethan, dass dieses Phänomen jedesmal stattfindet, wenn ein leicht verdampfender Körper auf eine hinreichend warme Metallplatte gebracht wird. Sogar schwefelige Säure nimmt in einer glühenden Platinaschale die Kugelgestalt an; wird alsdann Wasser hinzugebracht, so verdampft die schwefelige Säure und das Wasser gefriert; dieser Versuch rührt ebenfalls von Boutigny her. Faraday gelang es, in einem weissglühenden Platinatiegel Quecksilber zum Gefrieren zu bringen, indem er Aether und Kohlensäure in den glühenden Tiegel brachte.

durchzufallen. Es mag übrigens auch wohl der Grund darin liegen, dass die strahlende Wärme rothglühender Metalle durch durchsichtige Körper hindurchgeht, ohne diese zu erwärmen.

Nach Buff's Ansichten ist für das Bestehen des Leidenfrost'schen Tropfens eine vollständige Unterbrechung der wechselseitigen Berührung zwischen Tropfen und Metallfläche nicht erforderlich, sondern er betrachtet das Auftreten nur als die Folge eines Wechsels der Adhäsionsverhältnisse. Die rotirende Bewegung möchte übrigens wohl daher rühren, weil die Dämpfe nicht nach allen Seiten gleich stark von dem Tropfen ausströmen.

§. 37. Während das Kochen darin besteht, dass sich auch im Innern der Flüssigkeit Dampf bildet, nennt man die Bildung des Dampfes an der freien Oberfläche der Flüssigkeit Verdunstung.

Bei jeder Temperatur erfolgt eine solche Bildung von Dampf an der Oberfläche der Flüsse, des feuchten Bodens u. s. w. So schwach die Spannkraft dieses Dampfes auch ist, so beobachten wir dennoch täglich, dass dieser Wasserdampf in der Luft verbreitet ist, wiewohl man nicht glauben sollte, dass derselbe den Druck der atmosphärischen Luft überwinden könnte. Jedoch mischt sich der Wasserdampf sehr leicht mit der atmosphärischen Luft, wenn die ihn umgebenden Luftschichten nicht mit Dampf gesättigt sind. Daher rührt es denn auch, dass, wenn die Luft in heftiger Bewegung begriffen ist, die Verdunstung weit rascher vor sich geht, als wenn die Atmosphäre ruhig ist, weil der Flüssigkeit immer neue ungesättigte Luftschichten zugeführt werden. Die Verdunstung hängt aber nicht allein von der Bewegung der Luft ab, sondern auch von der Tension des sich entwickelnden Dampfes und der des bereits in der Luft vorhandenen, und endlich unter übrigens gleichen Umständen vorzugsweise von der Grösse der Oberfläche der Flüssigkeit. Durch die eigene Verdunstung kann man das Wasser zum Gefrieren bringen, wozu Wollaston's Kryophorus sehr gut geeignet ist. Derselbe besteht, wie Figur 27 zeigt, aus zwei Glaskugeln, welche mit einander verbunden

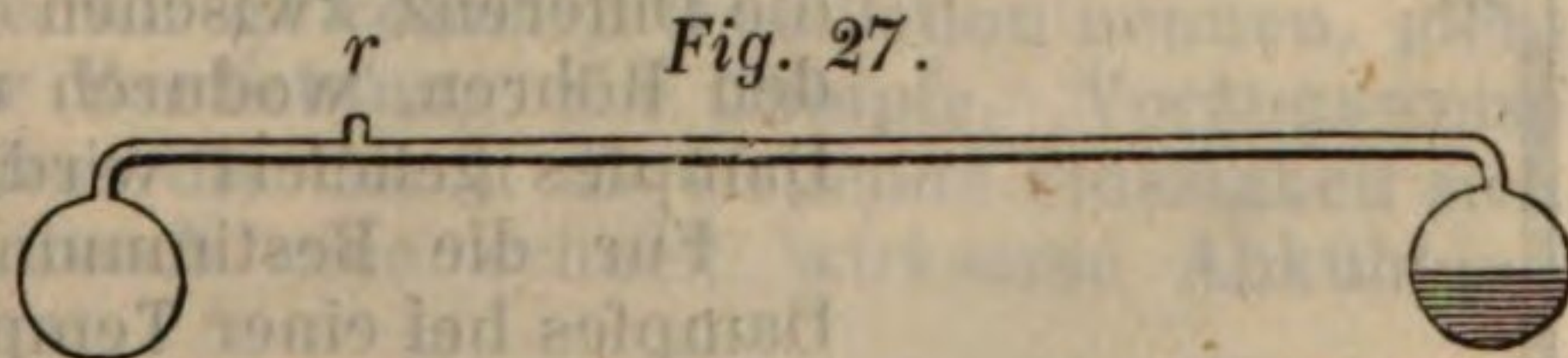


Fig. 27.

sind; in eine jede dieser Kugeln bringt man ein wenig Wasser und treibt durch Kochen die Luft aus; nachdem dies geschehen, schmilzt man die an der Glasröhre bei *r* befindliche Oeffnung mit Hülfe eines Löthrohres zu. Alsdann lässt man alles Wasser in eine Kugel zusammenlaufen, und bringt die leere Kugel in eine Kältemischung z. B. von Eis und Salmiak. Da nun durch diese Kältemischung die sich entwickelnden Wasserdämpfe sich immer verdichten, so findet eine solche rasche Verdunstung des Wassers statt, dass das Wasser gefriert.

§. 38. Die beim Sieden und Verdunsten entstandenen Dämpfe dehnen sich aus, sobald sie erwärmt werden und nicht mehr mit der Flüssigkeit in Verbindung stehen; sie sind demselben Gesetze unterworfen, welchem die permanenten Gase folgen, d. h. sie dehnen sich bei gleichem Luftdruck und gleicher Temperatur gleich viel

aus. Ist aber noch Flüssigkeit vorhanden, mit der sie sich in Berührung befinden, so bildet sich bei fortgesetztem Erhitzen immer von Neuem Dampf, welcher die Elasticität vermehrt, wozu ausser der Wärme namentlich die nun eintretende grössere Dichte beiträgt, während bei verminderter Temperatur auch die Elasticität geringer wird, und sich der Dampf theilweise tropfbar flüssig absetzt. Das Streben des Dampfes, sich auszudehnen, ist so gross, dass die kleinste Menge in einem geschlossenen leeren Raume diesen nach allen Richtungen auszufüllen sucht und auf sämtliche Theile der

Wände einen gleichförmigen mehr oder weniger bedeutenden Druck ausübt, welcher von dem Grade der Spannung des Dampfes abhängt, weswegen man auch die jenen Druck hervorrufende Kraft die Spannkraft des Dampfes nennt.

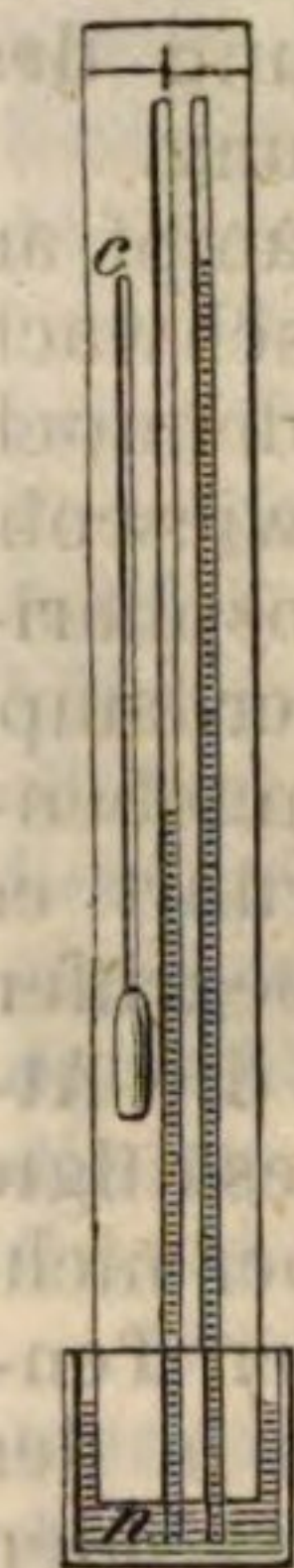


Fig. 28.

Die Spannkraft bei verschiedener Temperatur, von der sie bei eingetretener Sättigung nur abhängt, zu messen, hat zuerst Dalton einen Apparat construirt, welcher für die Bestimmung der Spannkraft des Wasserdampfes bei einer Temperatur zwischen 0° und 400° sehr geeignet ist. Dieser Apparat besteht (Fig. 28) aus zwei Barometerröhren, welche beide in dasselbe Gefäss eingetaucht sind, die eine derselben stellt ein vollständiges Barometer dar und in der andern befindet sich über dem Quecksilber ein wenig Wasser (oder ein kleiner Theil irgend einer Flüssigkeit, von der man die Spannkraft ihres Dampfes bestimmen will). Wird nun das in dem Glasgefässe *n* befindliche Wasser, welches beide Röhren umgiebt, erwärmt, so bestimmt man die zwischen 0°

Fig. 29.

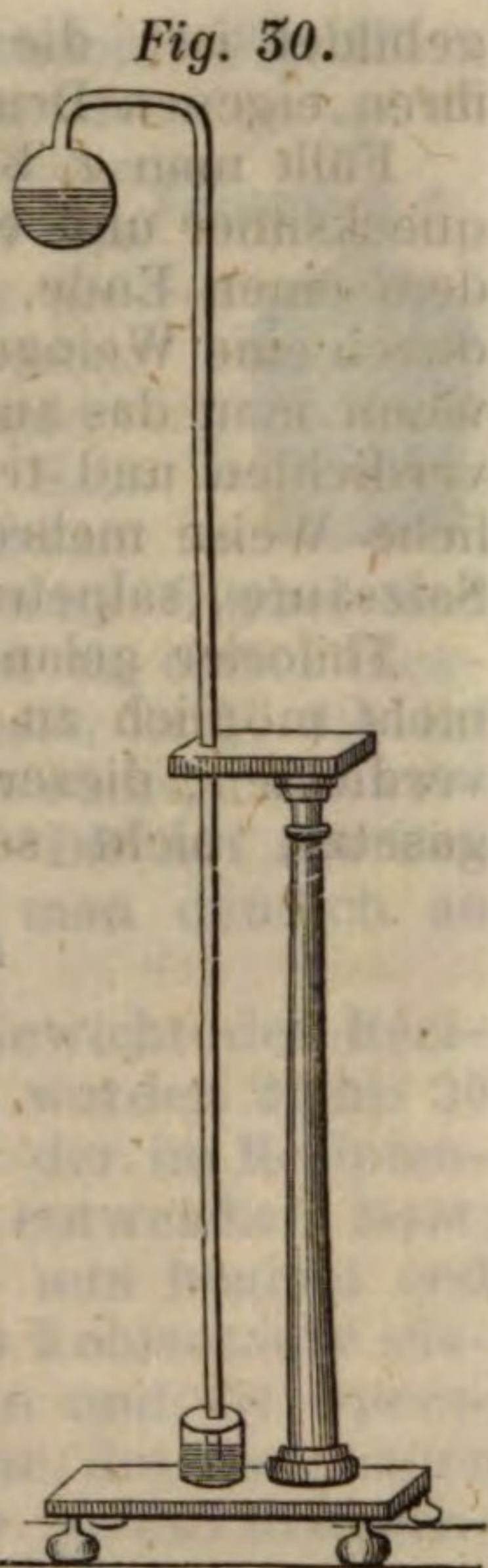


und 400° liegende Temperatur, welche für dieses Wasser und den sich bildenden Wasserdampf gleich ist, durch das angebrachte Thermometer unter *c*, und misst dann genau die Differenz zwischen den Höhen in den beiden Röhren, wodurch uns die Spannkraft des Dampfes geliefert wird.

Für die Bestimmung der Spannkraft des Dampfes bei einer Temperatur über 400° kann man den in Figur 29 gegebenen Apparat von Urc benutzen, dessen Barometerröhre *m r o* theilweise mit Quecksilber gefüllt ist und bei *r* eine kleine Portion der zu verdunstenden Flüssigkeit enthält. Der Wasser enthaltende Ballon *S*, in welchen die Röhre *o* hineinragt, wird nun erhitzt und die Temperatur des Wassers durch das Thermometer *r* bestimmt, wodurch alsdann zugleich die des Dampfes in *m r o* gegeben ist. Je elastischer nun der Dampf ist, desto höher steigt die Quecksilbersäule in der Barometerröhre und giebt da-

her die Spannkraft des Dampfes an. Eben so kann man dazu einen ähnlichen Apparat benutzen, von dessen Ballon ganz perpendicular eine oben offene Röhre ausgeht, welche mit der zu verdampfenden Flüssigkeit in Verbindung steht. Wird dieselbe alsdann erhitzt, so treibt der sich immer von Neuem bildende Dampf das Quecksilber in jener erwähnten Röhre in die Höhe, deren Messung die Spannkraft des Dampfes liefert. — Um die Ermittlung der Spannkraft des Dampfes bis zum höchsten Druck machten sich Dulong und Arago im Jahre 1830 sehr verdient.

Um nun endlich die Spannkraft des Wasserdampfes unter 0° zu bestimmen, kann man eine mit einer Kugel versehene Glasröhre (Fig. 30) benutzen. Man bringt nämlich in der Kugel ein wenig Wasser zum Sieden, um die Luft aus dem Apparate zu entfernen, stellt alsdann die Röhre in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß und umgiebt die Kugel *k* mit einem Gemisch von Eis und Kochsalz. Durch Vergleichung der Höhe der Quecksilbersäule mit der in einer gewöhnlichen Barometerröhre wird dann ebenfalls die Spannkraft des Wasserdampfes erfahren.



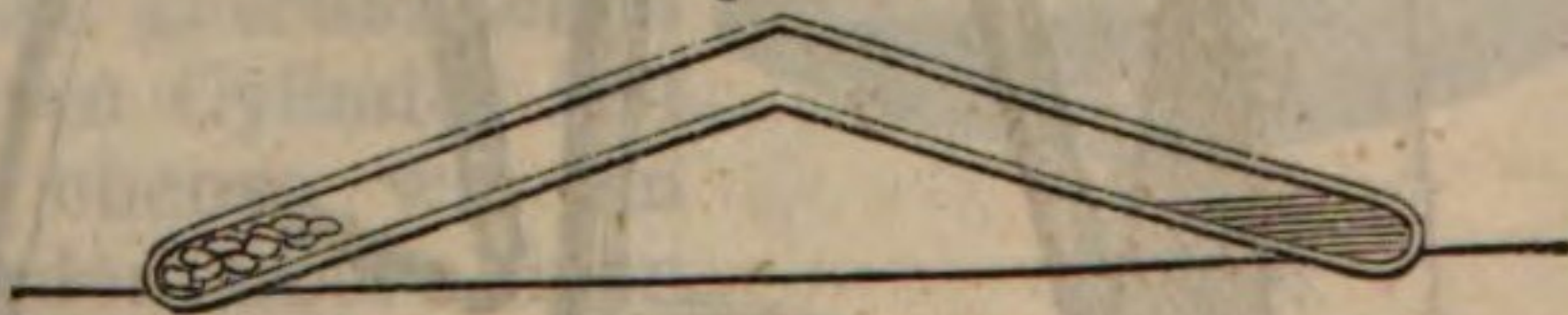
Condensation der Dämpfe und Gase.

§. 39. Die Dämpfe werden durch Druck und Verminderung der Temperatur mittelst Erkaltung verdichtet; jedoch nur dann kann der Dampf comprimirt werden, ohne theilweise eine Condensation zu erfahren, wenn er nicht gesättigt ist. *)

Die Operation, welche wir gewöhnlich Destillation nennen, giebt uns ein Beispiel von der Verdichtung der Dämpfe. Vorzugsweise ist dabei zu beachten, dass die durch die siedende Flüssigkeit sich entwickelnden Dämpfe durch eine schnell wirksame Abkühlung verdichtet werden.

Jedoch ist nicht allein gelungen, den Dampf, sondern auch manche Gase, welche man früher für permanent hielt, zu condensiren. Davy und Faraday condensirten zuerst Gase, welche man bis dahin für permanent hielt; ihr Verfahren bestand darin, dass sie in einer gebogenen Röhre, wie sie in Figur 31 ab-

Fig. 31.



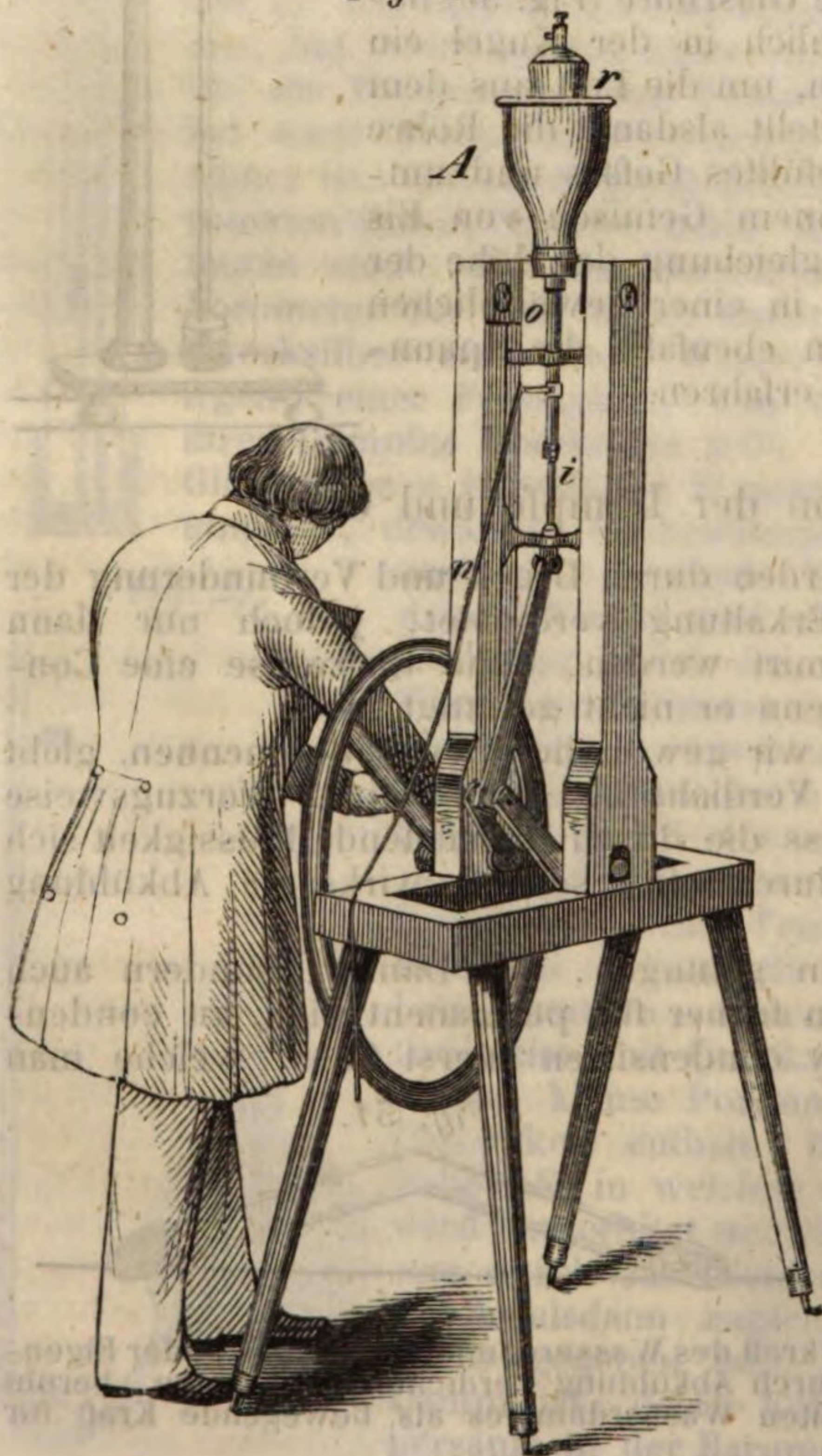
*) Sowohl auf der Expansivkraft des Wasserdampfes als auch auf der Eigenschaft gesättigter Dämpfe, durch Abkühlung verdichtet zu werden, beruht die Anwendung des gespannten Wasserdampfes als bewegende Kraft für Dampfmaschinen.

gebildet ist, die Gase entwickelten, in welcher sie sich durch ihren eigenen Druck verdichten.

Füllt man z. B. eine solche Röhre von starkem Glase mit Cyanquecksilber und erhitzt sie, nachdem man sie geschmolzen hat, an dem einen Ende, wo sich das Cyanquecksilber befindet, vorsichtig durch eine Weingeistlampe, so wird sich das entweichende Cyangas, wenn man das andere Ende der Röhre in eine Kältemischung taucht, verdichten und tropfbar flüssig werden. Auch hat man auf ähnliche Weise mehrere andere Gasarten, z. B. das Chlor, Ammoniak, Salzsäure, salpetrige Säure u. s. w., verdichtet.

Thilorier gelang es zuerst, die Kohlensäure, welches bis dahin nicht möglich zu sein schien, durch einen sinnreichen Apparat zu verdichten; dieser Apparat ist aber, da er Explosionen leicht ausgesetzt, nicht so zweckmässig als der von Natterer in Wien

Fig. 52.



construirte; derselbe ist in Fig. 32 abgebildet und soll hier beschrieben werden. *o* stellt ein Rohr vor, welches dem zur Ladung einer Windbüchse dienenden Rohre entspricht. Dieses Rohr hat unten nur eine Oeffnung, an welche sich ein Schlauch *n* ansetzt, der zu einem mit Kohlensäure gefüllten Gasometer führt, welcher von beliebiger Form sein kann, nur muss der Verdichtungsapparat mit dem Gasometer durch ein Chlorcalciumrohr verbunden werden, um das Gas getrocknet überführen zu können. Oben an dem Rohre *o* befindet sich eine Flasche von Schmiedeeisen und an der Stelle, wo diese aufgeschraubt wird, ein Ventil, welches sich sowohl innen öffnet als nach aussen schliesst. Der obere Theil dieser Flasche ist in Figur 33 in grösserem Massstabe dargestellt; es befindet sich oben an demselben ein eiserner Ansatz *s*, in welchem, wie man sieht,

eine horizontale Röhre q mit seiner Oeffnung mündet. s ist in der Mitte durchbohrt, so dass, wenn man die Schraube m bis zu einer gewissen Grenze in die Höhe schraubt, das Gas aus der Flasche durch s und das Rohr q ausströmen kann; wenn aber m herunter geschraubt wird, so ist die Ausflussöffnung verschlossen. Der untere Theil der Flasche r ist mit einem Kupfergefäß A umgeben, welches mit Eisstücken und Salz gefüllt wird, um die gehörige Abkühlung zu bewirken. Das Einpumpen des Gases geschieht mit Hülfe einer Kurbel und eines Schwungrades. Die Kolbenstange i ist unten an einem messingenen Querstücke befestigt, welcher in Coulissen läuft, die auf beiden Seiten am Gestell angebracht sind, und wodurch die verticale Bewegung der Kolbenstange gesichert ist. Die Art der Bewegung und die Fortpflanzung derselben sieht man deutlich an der Abbildung.

Fig. 35.



Bevor man den Versuch anstellt, wird das Gewicht des Recipienten bestimmt; nachdem er aufgeschraubt ist, werden 20 bis 30 Umdrehungen gemacht, worauf man das Gas mit der im Recipienten befindlichen Luft durch den geöffneten Hahn entweichen lässt; hierauf wird der Hahn wieder geschlossen und nun beginnt erst das Comprimiren. So oft man 2 bis 3 Kubikfuss Kohlensäure eingepumpt hat, wird der Recipient wieder gewogen und die Operation so lange fortgesetzt, bis die Gewichtszunahme des Recipienten ungefähr 450 Gramme beträgt, wo dann ungefähr $\frac{2}{3}$ des Recipienten mit flüssiger Kohlensäure gefüllt sind.

Wenn man den mit flüssiger Kohlensäure gefüllten Recipienten dieses Apparates mit Hülfe einer Kältemischung abkühlt und dann die Flasche umkehrt, so dass der Hahn unten ist, und ihn öffnet, so dringt ein Strahl flüssiger Kohlensäure hervor, welche ganz milchig aussieht, weil durch die rasche Verdunstung so viel Wärme gebunden wird, dass ein Theil der Kohlensäure selbst in den festen Zustand übergeht, wie an den sich bildenden schneeähnlichen Flocken wahrzunehmen ist. Um diese feste Kohlensäure zu sammeln, bedient man sich eines Behälters, wie es in Figur 34 abgebildet ist. Zwei messingene Cylinder, welche auf der einen Seite mit einem gewölbten Boden geschlossen sind, werden zusammengesteckt, so dass sie einen geschlossenen Raum bilden. Ein am oberen Cylinder fest ansitzender Haken b greift ebenso wie ein diametral gegenüberstehender über einen auf den andern Cylinder aufgelötheten Draht-ring und hindert dadurch das Auseinandernehmen der beiden Theile; dreht man sie aber so, dass der Haken b an die Stelle c

Fig. 34.

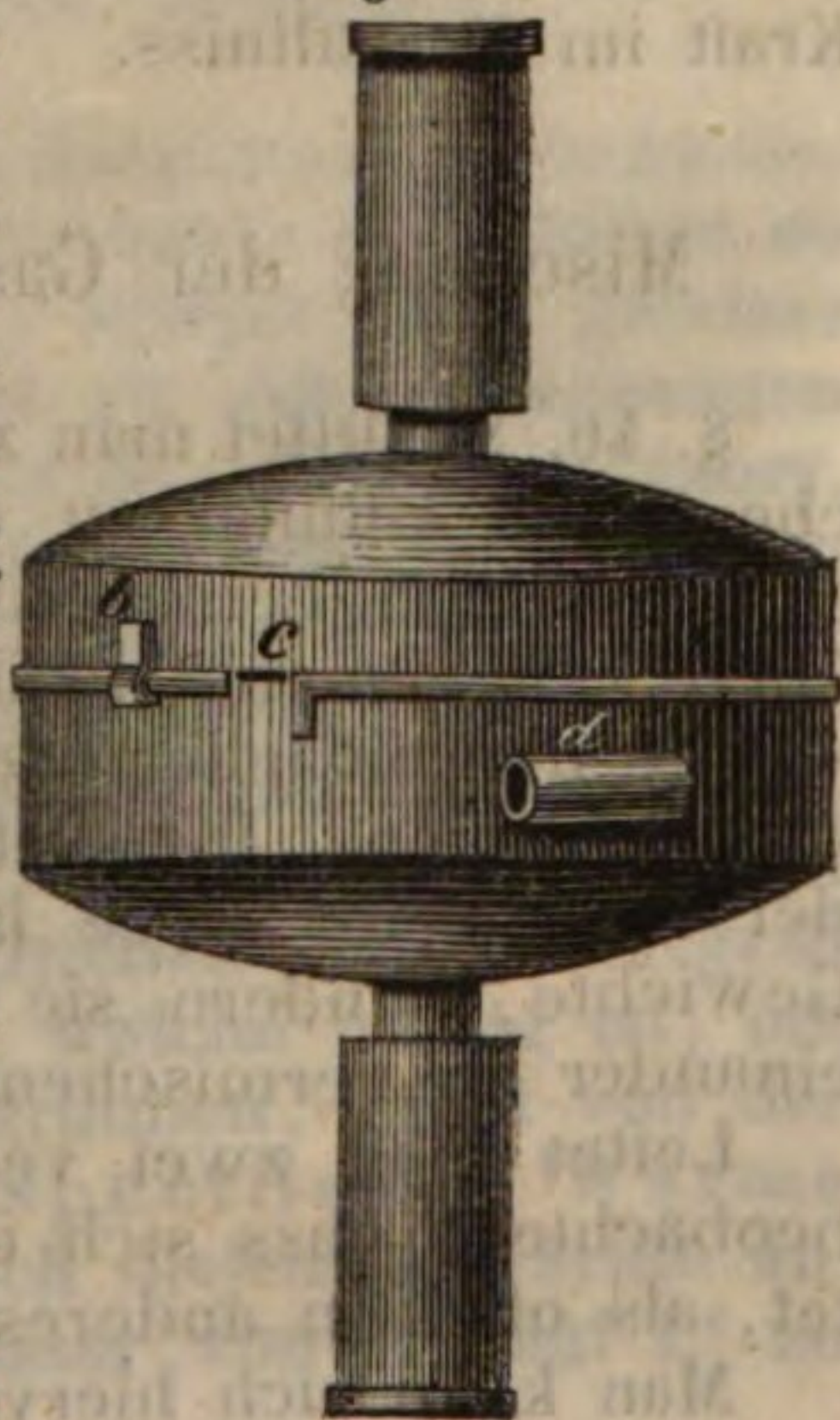
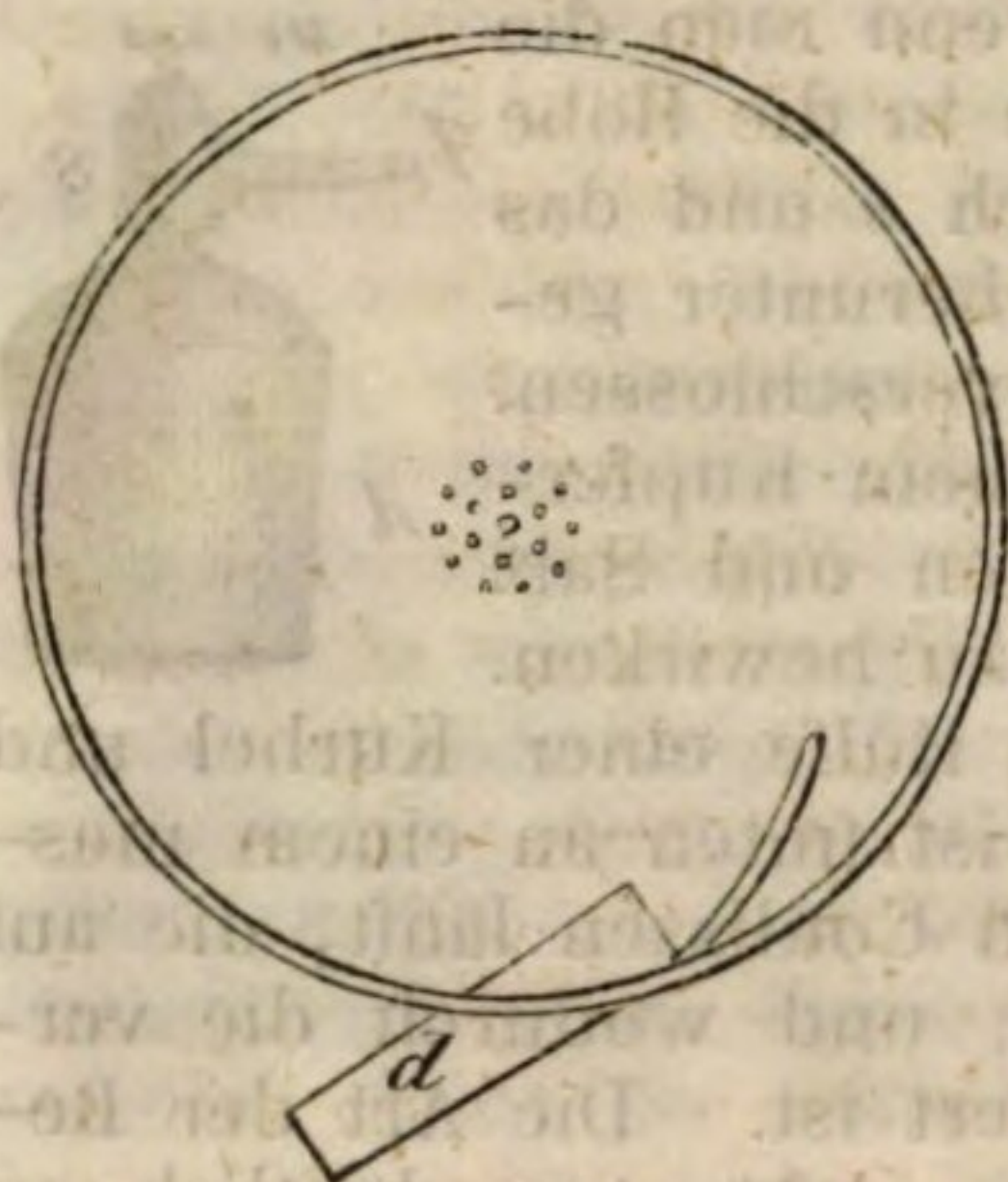


Fig. 35.



kommt, wo der Drathring unterbrochen ist, so kann man die beiden Theile aus einander nehmen. In Figur 35 sieht man den Grundriss des unteren Theils; eine Röhre *d* führt in den Behälter hinein; in diese Röhre *d* wird das an der Flasche befindliche Röhrchen *q* hineingesteckt und dann die Schraube *m* geöffnet. Die Kohlensäure strömt nun in den Behälter Figur 34, dessen Handgriffe auf beiden Seiten hohl sind, so dass durch die Löcher in den beiden Böden die verdampfende Kohlensäure entweichen kann, während die feste schneeartige in dem Blechgefäße gesammelt wird. Die Temperatur ist sehr niedrig; Thilorier fand dieselbe von -90° , indem er einen Strom Kohlensäure gegen ein Weingeistthermometer gehen liess.

Auch kann Stickoxydulgas sogar in diesem Apparate verdichtet werden; es ist daher nicht zu bezweifeln, dass alle Gase condensirt werden können, nur ist vor Allem nöthig, eine möglichst niedrige Temperatur zu erzeugen und grossen Druck hervorzubringen. Vom Wasser werden alle Gase absorbirt und condensirt, wobei sie natürlich die flüssige Gestalt annehmen.

Die condensirte Menge ist jedoch bei den verschiedenen Gasen sehr verschieden; denn bei einem und demselbenn Gase ist sie von dem Drucke, dem das Gas unterworfen ist, und von der Temperatur des Absorptionswassers abhängig.

Uebrigens folgen die Gase nach physikalischer Theorie einem bestimmten Gesetze, d. h. ihre Ausdehnung vergrössert sich, sobald der auf ihnen lastende Druck geringer wird und ihre Zusammendrückbarkeit bei vermehrtem Druck steht zu der drückenden Kraft im Verhältniss.

Mischung der Gase mit einander und mit Dämpfen.

§. 40. Schüttet man zwei verschiedene Flüssigkeiten, welche keine chemische Affinität zu einander haben, zusammen in ein Gefäss, so wird man bemerken, dass dieselben, wenn sie auch für eine kurze Zeit gemengt bleiben, sich bald nach ihrem specifischen Gewichte übereinander lagern; die leichtere wird sich über der schwernern befinden. Dies ist aber nicht bei den Gasen und Dämpfen der Fall, denn diese lagern sich nicht über einander nach ihrem Gewichte, sondern sie zeigen ein mächtiges Bestreben, sich mit einander zu vermischen oder zu diffundiren.

Leitet man zwei verschiedene Gase zusammen, so wird man beobachten, dass sich ein jedes derselben in dem Raume verbreitet, als ob kein anderes vorhanden wäre.

Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man zwei Glas-

gefässe oder Ballons (Fig. 36), von denen das eine mit dem specifisch leichten Wasserstoffgas und das andere mit der bedeutend schwereren Kohlensäure gefüllt, mit einander verbindet, so dass das obere mit Wasserstoffgas und das untere mit Kohlensäure gefüllt ist. Oeffnet man die Hähne, so wird man bemerken, dass die Gase sich vermischen und zwar in der Weise, dass die Hälfte des leichteren Wasserstoffgases sich in dem untern Gefässe und die Hälfte des Kohlensäuregases in dem oberen befindet.

Fig. 36.



Die Dämpfe verhalten sich ebenso; bringt man in einen mit Gas gefüllten Raum eine Flüssigkeit, so bilden sich in diesem Raume eben so viel Dämpfe, als ob der Raum leer gewesen wäre; die Spannkraft ist folglich der des Gases und der des gesättigten Dampfes gleich.

Untersuchungen über die Geschwindigkeit der Diffusion haben ergeben, dass sich die leichten Gase am schnellsten verbreiten; Wasserstoffgas verbreitet sich leichter als Kohlensäuregas. Am besten beobachtet man die Diffusion, wenn man die Gase durch Oeffnungen von unmerklicher Grösse sich vermischen lässt. Graham, welcher sich vorzugsweise mit diesen Untersuchungen beschäftigte, kam zu den Resultaten, dass, wenn zwei Gase durch eine poröse Scheidewand, z. B. eine trockene Gypsplatte getrennt sind, sich während einer kurzen Zeit in Folge einer Verschiedenheit des Drucks nicht merklich vermischen, aber durch die Diffusion, welche ihrer Elasticität gleicht, die Scheidewand überschreiten. Die Volumina, welche in entgegengesetzter Richtung die Scheidewand durchdrungen haben, verhalten sich bei gleichmässigem Druck umgekehrt, wie die Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeit.

Wärmecapacität und specifische Wärme.

§. 41. Die Wärmemenge, welche nöthig ist, Körper von verschiedener Natur bei gleichem Gewichte auf eine bestimmte Temperatur zu erheben, ist ungleich, da das Vermögen der Körper, eine gewisse Anzahl Wärmequantitäten aufzunehmen, um zu einer bestimmten Temperatur zu gelangen, ein verschiedenes ist. Man sagt daher, wenn ein Körper mehr Wärme bedarf als ein anderer, um mit ihm einen gleichen Temperaturgrad zu erreichen, seine Wärmecapacität ist grösser; er macht also mehr Wärme latent. Die Wärmecapacität des Wassers ist 33 mal grösser als die des Quecksilbers, weil dieses letztere nur den 33. Theil der Wärmemenge braucht als jenes, um mit demselben auf einen gleichen Temperaturgrad zu kommen. Die Zahl der Wärmeeinheiten, welche nöthig ist, um einen Körper von der Masse 1 um 1° zu erhöhen, hängt von der Wärmecapacität desselben ab und wird specifische Wärme genannt. Als Einheit nimmt man gewöhnlich diejenige Wärme an, welche erforderlich ist, um ein Pfund Wasser von 0° auf 1° zu

bringen, da diese Quantität immer constant ist. Da nun, wie wir aus dem Vorhergehenden gesehen, ein Pfund Quecksilber, um seine Temperatur um 1° zu erhöhen, nur den 33. Theil der Wärmequantität braucht, welche erforderlich ist, um ein Pfund Wasser um 1° zu erhöhen, so sagt man, die specifische Wärme des Quecksilbers sei $\frac{1}{33}$ oder 0,0303. Bedenken wir ferner, dass die Wärme-

menge, welche nöthig ist, um ein Pfund Eis von 0° in ein Pfund Wasser zu verwandeln, so gross ist als die, welche man braucht, um ein Pfund Wasser von 0° bis auf 1° zu erheben, und hierzu 75° nöthig sind, so ist im letzten Falle die Wärmeeinheit 75 mal kleiner als im ersten. Hieraus ergibt sich nun, dass die Wärmecapacität mit der specifischen Wärme in gleichem Verhältniss steht und man sie als gleichbedeutend betrachten darf, denn je mehr Wärmecapacität ein Körper hat, desto grösser ist seine specifische Wärme. Wird die Wärmecapacität eines Körpers in sein specifisches Gewicht dividirt, so erhalten wir die Zahl der relativen Wärme. Da Quecksilber 13,6 mal dichter ist als Wasser, so wiegt natürlich eine bestimmte Quantität Quecksilber 13,6 mal so viel als eine gleiche Quantität Wasser. Wird die Wärmemenge, welche eine solche dem Quecksilber gleichende Quantität um 1° erwärmt, als Einheit angenommen, so ist die Wärmemenge, welche eine gleiche Masse Quecksilber erwärmt, wie aus dem früher Gesagten hervorgeht, $\frac{1}{33}$, und die Wärmemenge, welche ein gleiches Volumen Quecksilber um 1° zu erhöhen im Stande ist $= \frac{13,6}{33}$ oder 0,4121. Diese Zahl drückt also die relative Wärme des Quecksilbers aus.

Calorimetrie.

§. 42. Wir haben im vorigen Paragraphen erörtert, dass ein Körper eine grössere oder geringere Wärmecapacität hat, je nachdem eine grössere oder geringere Wärmemenge, specifische Wärme genannt, nöthig ist, um eine bestimmte Temperaturerhöhung hervorzu-
bringen, und dass die Wärmecapacität des Körpers gleich ist, wenn sie bei gleichem Gewichte ein und dieselbe Wärmemenge bedürfen, um etwa um 1° erhöht zu werden. Um aber nun die specifische Wärme der Körper zu bestimmen, um also die Wärmequantitäten, welche der Wärmecapacität der verschiedenen Körper entsprechen, vergleichen zu können, giebt uns die Calorimetrie Mittel in die Hand.

Laplace und Lavoisier construirten ein Instrument, welches sie Calorimeter nannten, und mit dem sie die specifische Wärme der Körper bestimmten; der Körper wurde bis zu einer gegebenen Temperatur erhitzt und die Menge von Eis bestimmt, welche hierdurch geschmolzen wurde. Sie bedienten sich eines Apparats (Fig. 37),

welcher aus drei in einander steckenden metallenen Gefässen besteht, die durch kleine Drähte in gehöriger Entfernung von einander gehalten werden. Das innerste dieser Gefässe ist aus Draht geflochten und dient zur Aufnahme des zu untersuchenden Körpers. Der Raum zwischen diesem und dem nächsten ist mit gestossenem Eis angefüllt, ebenfalls der Raum zwischen diesem und dem äussersten, damit die Temperatur der Luft keinen Einfluss ausüben kann; so auch auf den Deckel bringt man ebenfalls Eisstücke. Das durch Schmelzung des Eises gebildete Wasser läuft durch die beiden angebrachten Hähne ab. Der in den innersten Behälter gebrachte zu untersuchende Körper wird nun bis auf 0 Grad erkalten und seine sämtlich abgegebene Wärme zur Schmelzung des Eises dienen. Weiss man dann die ursprüngliche Temperatur des zu untersuchenden Körpers und wie viel Eis durch die von ihm abgegebene Wärme geschmolzen wurde, so lässt sich die spezifische Wärme des Körpers leicht berechnen.

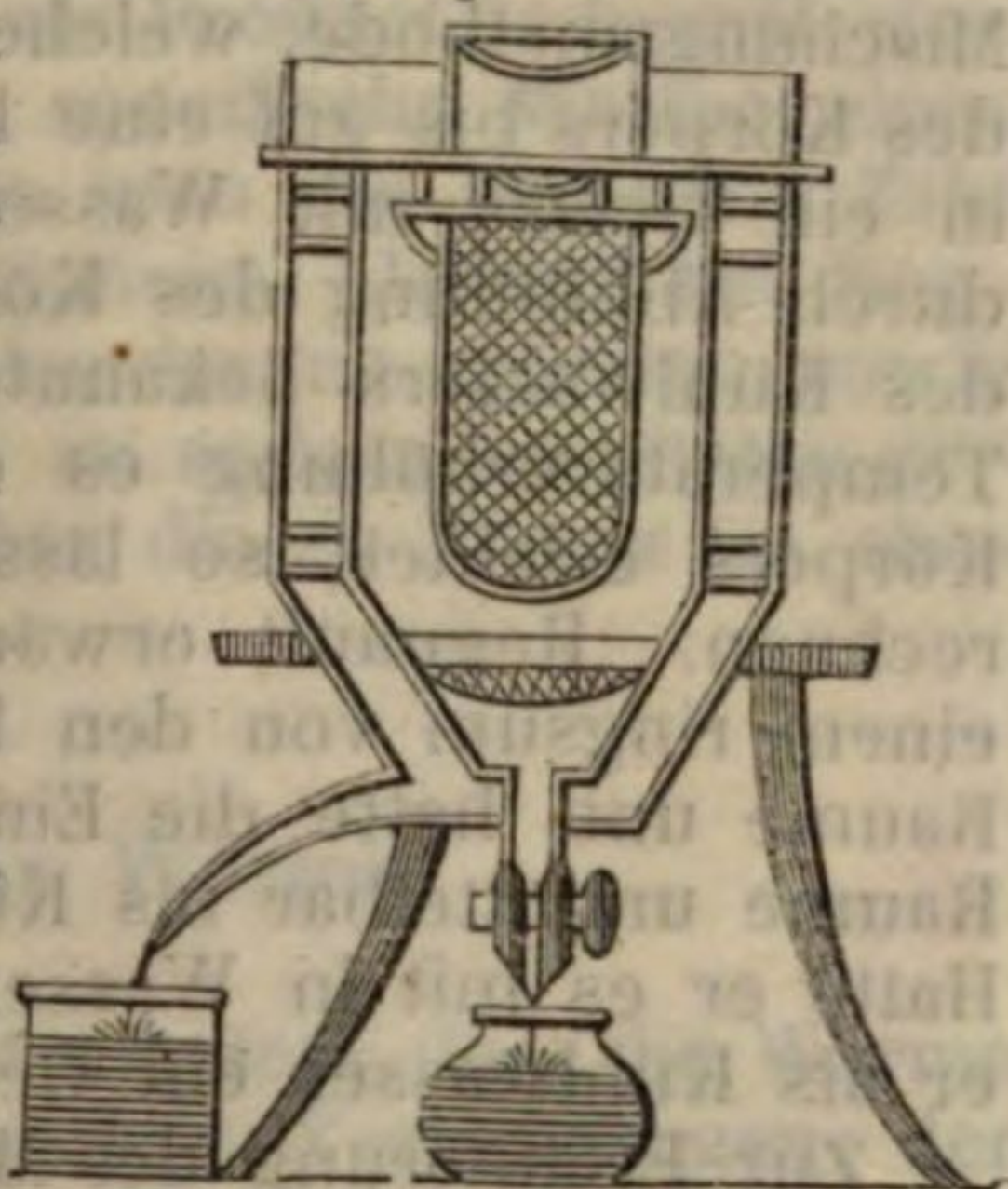


Fig. 57.

Drücken wir die im Calorimeter geschmolzene Menge des Eises durch n Pfunde aus, die Capacität des Körpers durch c , seine anfängliche Temperatur durch t und seine Masse in Pfunden m aus, so ist die Wärmemenge, welche die m Pfunde des Körpers enthalten $= m c t$, da aber, wie wir bereits gesehen haben, zur Schmelzung eines Pfundes Eis 75^0 nöthig sind, so wird man zu n Pfunden Eis $75n$;

$$\text{daher ist } mct = 75n;$$

$$\text{folglich ist } c = \frac{75n}{mt}.$$

Dulong und Petit wandten eine andere Methode an, indem sie die zu untersuchenden Körper, welche bis zu gleichen Temperaturen erwärmt waren, um eine gleiche Anzahl Grade in einem polirten Gefässe von Silber erkalten liessen. Dies war mit einem Thermometer versehen und befand sich in einem luftleer gemachten Cylinder.

Es wurde nun beobachtet, wie viel Zeit nöthig war, um den zu untersuchenden Körper bis zu einer bestimmten Temperatur erkalten zu lassen; da aber wegen des zu geringen Umfangs der Körper die Wärmeleitungsfähigkeit keinen merklichen Einfluss auf die Erkaltingsgeschwindigkeiten haben kann, so hängen diese bloss von der Dichtigkeit der Körper, ihrer Wärmecapacität und dem Strahlungsvermögen ihrer Oberflächen ab. Regnault hat aber in neuerer Zeit bewiesen, dass diese Methode gerade nicht zu empfehlen sei, weil sie voraussetzt, dass das Erkalten durch alle Theile der Substanz gleichmässig vor sich geht und dass alle Substanzen ihre Wärme mit gleicher Leichtigkeit an die Oberfläche abgeben.

Regnault benutzte zu seinen Untersuchungen die sogenannte Mischungsmethode, welche darin besteht, dass eine gewogene Menge des Körpers bis auf eine bestimmte Temperatur erwärmt und dann in ein Gefäss mit Wasser eingetaucht wird, dessen Temperatur durch Abkühlung des Körpers sich erhöht; ist nun die Quantität des Kühlwassers bekannt, und hat man ferner ermittelt, welche Temperaturerhöhung es durch die Abkühlung des eingetauchten Körpers erleidet, so lässt sich daraus die specifische Wärme berechnen. Regnault erwärmte die zu untersuchenden Körper in einem ringsum von den Dämpfen kochenden Wassers umgebenen Raume und hatte die Einrichtung getroffen, dass sie aus diesem Raume unmittelbar ins Kühlwasser herabgelassen werden konnten. Hatte er es mit in Wasser löslichen Körpern zu thun, so benutzte er als Kühlwasser ein Oel von bekannter Temperatur.

Zur Erläuterung der Mischungsmethode möge jedoch Folgendes noch angeführt werden.

Wird z. B. ein Pfund Wasser, das 7° Wärme hat, mit einem Pfunde Quecksilber von 409° vermischt, so nimmt die Mischung nur eine Temperatur von 40° an. Das Quecksilber giebt also dem Wasser 99° Wärme ab, und diese bringen in ihm nur eine Temperaturerhöhung von 3° hervor.

Um die Bestimmung der Wärmecapacität der Gase machten sich namentlich de la Roche und Bérard verdient; sie erwärmten das zu untersuchende Gas in einem von heissem Wasser umgebenen Gefässe, und nachdem das Gas erhitzt war, liessen sie es durch eine schlangenförmig gewundene Röhre gehen, welche sich in einem mit Wasser gefüllten Cylinder befand. Indem nun das Gas einen Theil seiner Wärme an das Wasser in dem Cylinder abgab, musste seine Temperatur sinken, und die des Wassers zunehmen. Je mehr Gas nun, dem Gewichte nach, von einer gewissen Temperatur nöthig war, um die Temperatur des Wassers um eine bestimmte Anzahl Grade zu erhöhen, desto geringer musste die Wärmecapacität des Gases sein. Sie fanden durch diese Versuche, dass gleiche Gewichtsquantitäten aller chemisch einfachen Gase und aller Gasgemenge bei demselben Druck und derselben Temperaturerniedrigung auch gleich viel Wärmeeinheiten an das Wasser abgaben.

§. 43. Obgleich hier nur das Wesentlichste der Methoden zur Bestimmung der specifischen Wärme gegeben werden konnte, so wird es hoffentlich dem Leser einen Begriff gegeben haben, wie sie für die Chemie von Wichtigkeit ist. Denn für diese hat die specifische Wärme namentlich in so fern eine grosse Bedeutung, da sich sowohl durch die Untersuchungen von Dulong und Petit, als auch noch mehr durch die von Regnault ergeben hat, dass ein Zusammenhang zwischen der specifischen Wärme und den Aequivalenten- oder Atomgewichten der Körper, von denen im chemischen Theile die Rede sein wird, stattfindet.

Die Atomgewichte verhalten sich nämlich nach Dulong und Petit umgekehrt, wie die specifische Wärme, d. h., wenn das Atom-

gewicht eines einfachen Stoffes durch die specifische Wärme desselben multiplicirt wird, so erhält man als Product jedesmal eine constante Zahl. Man kann demnach die specifische Wärme eines chemisch einfachen Körpers finden, wenn man die constante Zahl mit dem Atomgewichte des Körpers multiplicirt. Jedoch hat Regnault gefunden, dass dieses Gesetz eine Aenderung erleidet, sowie überhaupt dessen neuere Untersuchungen zu andern Resultaten geführt haben. (Siehe die Bemerkungen über dieses Thema im chemischen Theile.)

Chemischer Einfluss der Wärme.

§. 44. Es ist schon früher angedeutet worden, dass die Wärme einen mächtigen Einfluss auf die chemischen Verbindungen der Körper ausübe, indem sie die Cohäsion der festen Körper vermindert und dadurch den Aggregatzustand verändert; denn wir haben erwähnt, dass die Hauptbedingung für die Aeusserung der chemischen Verwandtschaft eine innige Berührung der Körper ist, welche oft nur durch Veränderung des Aggregatzustandes bewerkstelligt werden kann. Aber sie befördert auch die chemische Thätigkeit unter verschiedenen zusammengesetzten Körpern, indem sie eine Zersetzung derselben hervorruft und dadurch die mit einander verbundenen Stoffe trennt, so dass nun erst eine Einwirkung auf einen andern hervorgerufen werden kann. Endlich macht sie aber auch ihren Einfluss auf die elektrischen Zustände der Körper geltend.

Es sind nur wenige Stoffe, welche in ihrem festen Zustande, selbst wenn sie durch mechanische Mittel zerkleinert werden, sich chemisch vereinigen, sondern es wird viel leichter eine Action stattfinden, wenn sie im flüssigen Zustande sind, was durch Schmelzung oder Auflösung mit Hülfe der Wärme bewerkstelligt wird. Manche Körper verbinden sich zwar bei gewöhnlicher Temperatur, aber dennoch ist nicht in Abrede zu stellen, dass die höhere Temperatur immer die chemische Vereinigungskraft auf eine lebhaftere und mehr energische Weise wirksam macht; hiervon können wir uns täglich bei chemischen Operationen überzeugen. In Folge des mächtigen Einflusses der Wärme auf chemische Vereinigungen kommen aber auch ebenso häufig Zersetzungen vor, denn Körper, welche sich bei einer mässigen Temperatur verbinden, werden, wenn man sie der Einwirkung einer sehr hohen Temperatur unterwirft, oftmals zersetzt.

Wir werden finden, um uns gewöhnlicher Beispiele zu bedienen, dass Eisen bei gewöhnlicher Temperatur nicht so lebhaft rostet als bei höherer, dass das Quecksilber bei Siedhitze sich mit dem Sauerstoff der Luft zu rothem Oxyd vereinigt, während dasselbe in der Glühhitze diesen Sauerstoff wieder abgibt. Geschmolzener Schwefel vereinigt sich nicht mit der Kohle, sondern man muss ihn in Dampfgestalt mit glühender Kohle in Berührung bringen, wenn eine Vereinigung stattfinden soll. Wir könnten Bei-

spiele, wo sowohl durch die Wärme Verbindungen, als auch Zersetzungen hervorgerufen werden, in grosser Anzahl aufführen, jedoch mögen diese genügen, denn jeder arbeitende Chemiker hat täglich Gelegenheit, sich davon zu überzeugen.

Wir sehen wenigstens hieraus, dass der Einfluss der Wärme von grosser Bedeutung für die Chemie ist, da sie sowohl die Affinität der Körper zu einander begünstigt als auch auf der andern Seite gleichsam eine Repulsivkraft hervorruft, abgesehen davon, dass sie in mancher andern Beziehung, wie aus unserem Raisonnement hervorgeht, die Aufmerksamkeit des Chemikers erfordert und von diesem eine Kenntniss ihrer Erscheinungen verlangt.

Zweite Abtheilung.

Licht.

§. 45. Vorbemerkung. Obgleich wir über die eigentliche Natur des Lichts noch keine Gewissheit haben, so sind doch die Eigenschaften und Erscheinungen desselben so mannichfaltig, dass sie ein ausführliches Studium, das der Optik erfordern; da aber auch der chemische Einfluss des Lichts unverkennbar ist, so sollen auch hier wenigstens einige allgemeine Bemerkungen Platz finden, wiewohl wir uns insbesondere auf den chemischen Einfluss des Lichts beschränken werden.

A. Vom Lichte im Allgemeinen.

Theoretische Ansichten.

§. 46. Wir wissen, dass das Licht die Ursache der Helle ist, eine Empfindung, welche wir durch selbstleuchtende Körper, wie z. B. die Sonne, wahrnehmen, indem die Lichtstrahlen direct in unser Auge fallen und auf die in demselben befindliche Nervenhaut einwirken, während die Empfindung der Dunkelheit von einer vollkommenen Ruhe dieser Nervenhaut herrührt. Die Empfindung von Helligkeit kann aber auch hervorgerufen werden, indem an und für sich dunkle Körper durch Zurückwerfung der Lichtstrahlen eines leuchtenden Körpers sichtbar werden, und daher müssen wir selbstleuchtende und beleuchtete Körper von einander unterscheiden.

Die Erscheinungen, welche nun sowohl durch selbstleuchtende als durch beleuchtete Körper hervorgerufen werden (denn ein leuchtender Punkt sendet das Licht nach jeder Richtung, wodurch natürlich mancherlei Erscheinungen bemerkbar werden), lassen sich nicht mit Bestimmtheit erklären, sondern alle zur Erklärung der Lichtphänomene gemachten Versuche beruhen auf Hypothesen. Namentlich sind zwei solcher Hypothesen herrschend, welche der theoretischen Ansicht über das Wesen des Lichts und die Erscheinungen

desselben zum Grunde liegen. Die eine dieser Hypothesen ist unter dem Namen der Emanations- oder Emissionstheorie, die andere unter dem der Vibrations- oder Undulationstheorie bekannt.

Nach der Emissionstheorie, welche der bekannte Newton aufstellte, betrachtet man das Licht als eine Materie, und nimmt an, dass von derselben kleine Theilchen fortgestossen werden, oder vielmehr, dass von dem leuchtenden Körper nach allen Seiten hin mit einer ausserordentlichen Geschwindigkeit sehr feine Lichtstoffe ausgesandt werden, welche dann entweder direct oder indirect zu unsern Augennerven gelangen. Diese Theilchen der Lichtmaterie müssen natürlich ausserordentlich fein und inponderabel sein, obgleich sie dem allgemeinen Gesetze der Trägheit unterworfen sind. Man unterscheidet sie von einander durch ihre Masse, durch ihre Verwandtschaft zu andern Körpern und durch die Verschiedenheit des Verhältnisses ihrer anziehenden und abstossenden Kräfte. So rührt z. B. nach dieser Ansicht die Verschiedenheit der Farben von der mehr oder minder grossen Geschwindigkeit der Theilchen her.

Nach der Undulationstheorie (als deren Begründer Huyghens anzusehen ist, und welche namentlich auch von Euler vertheidigt wurde) nimmt man an, dass das Licht von dem leuchtenden Körper aus durch eine wellenförmige Bewegung, dem Schalle ähnlich, entweder auf directem oder indirectem Wege zu unsern Augennerven gelangt. Der ganze Weltraum ist nämlich von einem elastischen Mittel, welches wir Aether nennen, angefüllt, durch dessen Schwingungen, von einem leuchtenden Körper hervorgerufen, das Licht fortgepflanzt wird. Dieser Aether ist nicht allein in dem leeren Raume verbreitet, sondern er durchdringt alle festen Körper und ist wegen seiner ausserordentlichen Feinheit den Gesetzen der Schwere nicht unterworfen. Fügen wir übrigens noch zur Undulationstheorie hinzu, dass die Theilchen eines leuchtenden Körpers auf ähnliche Weise vibriren, wie dies bei den schallenden Körpern der Fall ist, dass aber die Lichtwellen ungleich schneller als die Schallschwingungen sind, und dass sie auch nicht durch die wägbare Materie selbst, sondern durch den Lichtäther fortgepflanzt werden. Diese Theorie hat in neuerer Zeit die Emissionstheorie überflügelt, so dass man ihr jetzt fast allgemein huldigt.

Quellen des Lichts.

§. 47. Die selbstleuchtenden Körper, wie die Sonne, halten den Aether in einer fortwährenden Schwingung, denn von ihr wird uns das Licht mit einer enormen Geschwindigkeit zugeführt. Die Sonne dürfen wir aber nicht allein, wiewohl sie als der am stärksten selbstleuchtende Körper zu betrachten ist, als die Quelle des Lichts ansehen, sondern es giebt ja auch andere glühende phosphorescirende Körper, welche als Licht hervorrufende anzusehen sind. Wir

können zu den Quellen des Lichts noch die Phosphorescenz und das Glühen der Körper, ausserdem aber auch den chemischen Process, die Elektricität und den Krystallisationsact zählen.

Manche Körper haben die Eigenschaft, im Dunkeln auf eine kurze Zeit zu leuchten, wenn sie vorher dem Sonnenlichte ausgesetzt waren. Dieses Phänomen bezeichnet man mit dem Namen der Phosphorescenz durch Bestrahlung oder Insolation. Unter solchen Körpern nimmt der röthlich violette Flussspath von Nertschinsk (Chlorophan) den ersten Platz ein. Grotthuss fand, dass dieses Mineral, nachdem es dem Lichte nur sehr kurze Zeit ausgesetzt gewesen war, Wochen lang leuchtete. Ebendieselbe Eigenschaft haben aber auch die meisten Diamanten, an denen sie zuerst und zwar von Wach im Jahre 1808 wahrgenommen sein soll, von denen man bis dahin nur wusste, dass sie gerieben und erwärmt im Dunkeln leuchteten. Ebenso kann man auch den Schwerspath zu den phosphorescirenden Körpern zählen.

Als künstliche Präparate, welche diese Eigenschaft in sich tragen, können wir den sogenannten Bologneser Leuchtstein anführen, welcher hauptsächlich aus Schwefelbarium besteht. Wird dieser Leuchtstein nur 8 bis 40 Secunden von der Sonne bestrahlt, so wird er, in vollkommenes Dunkel gebracht, mit einem röthlichen, feurigen Lichte leuchten. Als andere Präparate können wir noch den sogenannten Homberg'schen Phosphor, hauptsächlich aus Chlorcalcium bestehend, den Cantons'schen Phosphor, welcher wesentlich Schwefelcalcium ist, und endlich die sogenannten Antimon- und Arsenikphosphore aufzählen. Eine chemische Veränderung der phosphorescirenden Körper hat man jedoch bis jetzt nicht beobachtet.

Fast alle Körper, welche durch Insolation des Lichts phosphoresciren, haben auch die Eigenschaft, dass sie, wenn sie im Dunkeln erwärmt werden, stark leuchten. Ausserdem tragen aber die Eigenschaft der Phosphorescenz durch Erwärmung noch manche andere Körper an sich, so namentlich Metalloxyde. Selbst durch den elektrischen Schlag werden manche Körper leuchtend.

Nicht allein nehmen wir eine solche Phosphorescenz wahr, wenn gewisse, dem Mineralreiche angehörende Stoffe der Bestrahlung des Lichts ausgesetzt oder im Dunkeln erwärmt werden, sondern diese Eigenschaft des Leuchtens kommt auch manchen lebenden Körpern zu; weniger selten ist aber noch das Leuchten abgestorbener Pflanzen und verwesender thierischer Körper. Das Leuchten lebender Pflanzen scheint ohne Zweifel von gewissen abgesonderten Stoffen, welche eine chemische Veränderung erleiden, herzurühren. Unter den Thieren sind es namentlich das kriechende und fliegende Johanniswürmchen und überhaupt solche, welche den niedern Thierklassen angehören, an denen man das Leuchten beobachtet, wahrscheinlich ebenfalls von der Absonderung eines Stoffs herrührend. Die Phosphorescenz abgestorbener Pflanzen nimmt man hauptsächlich beim faulenden Holze, den Erlen, Weiden u. s. w. wahr. Häufiger kommt das Leuchten im Thierreiche

vor, wenn die todten Geschöpfe zu verfaulen beginnen, und zwar **am meisten bei Seethieren.**

Das Licht durch glühende Körper nehmen wir am besten wahr, wenn nach Drummond Kalk in einen Strom von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas gebracht wird. Ausserdem entsteht aber auch bei unsern Verbrennungen ein Leuchten, entweder durch das Glühen des Verbrennungsproductes oder durch das eigentliche Glühen des Körpers, wie z. B. bei der Kohle.

Das Licht bei dem chemischen Process nehmen wir bei jeder Verbrennung wahr, denn diese ist als ein chemischer Process zu betrachten. Aber ausserdem werden wir bei jeder chemischen Vereinigung, wenn diese auf eine energische Weise geschieht, Licht wahrnehmen können.

Das elektrische Licht wird bei Ausgleichung des gestörten Gleichgewichts der Elektricitäten wahrnehmbar.

Die Lichtentwicklung beim Krystallisationsact beobachtete zuerst H. Rose, indem er durch genaue Untersuchungen zu dem Schlusse gelangte, dass nur bei dem Uebergange aus dem unkrystallinischen in den krystallinischen Zustand sich Licht zeigt. Nach ihm kann man ein starkes Leuchten hervorbringen, wenn man amorphe arsenige Säure in siedender verdünnter Salzsäure auflöst; man wird, sobald man die Lösung erkalten lässt, bei Ausscheidung eines jeden Krystalls ein Leuchten wahrnehmen.

Reflexion des Lichts.

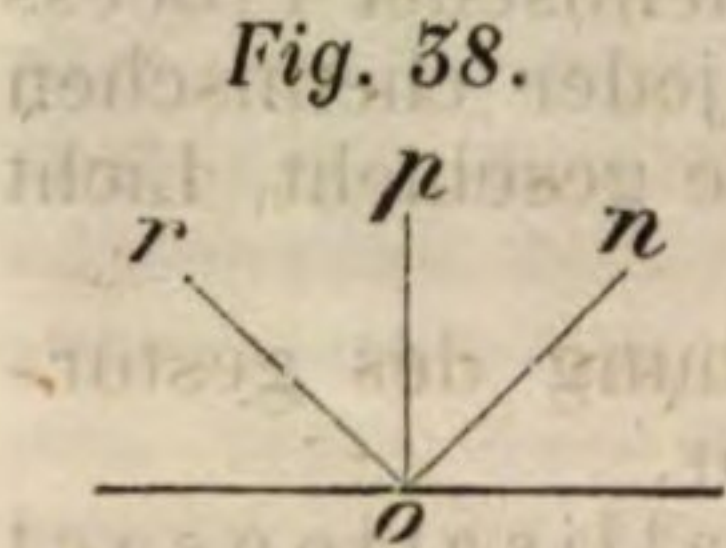
§. 48. Manche Körper haben die Eigenschaft, wenn sie von Lichtstrahlen getroffen werden, diese zu absorbiren, andere, die durchscheinend oder durchsichtig sind, lassen sie durch sich hindurchgehen, wieder andere aber werfen sie zurück, eine Erscheinung, die wir sehr häufig wahrnehmen.

Die Zurückwerfung oder Reflexion der Lichtstrahlen erfolgt entweder regelmässig oder unregelmässig. Lässt man einen Sonnenstrahl in ein dunkles Zimmer auf eine polirte Oberfläche fallen, so beobachtet man in einer bestimmten Richtung einen Strahl, welcher von dem Metallspiegel herzukommen scheint und auf den von ihm getroffenen Gegenständen ein eben so kleines Sonnenbildchen hervorbringt, wie wenn der direct fallende Strahl die Gegenstände getroffen hätte. Solche Strahlen nennt man regelmässig reflectirte; je besser der Metallspiegel polirt ist, desto intensiver ist das Licht.

Man kann aber von den verschiedenen Orten des dunkeln Zimmers den Theil des Spiegels unterscheiden, welcher von dem Lichtstrahl getroffen wurde; dies kommt daher, dass von der getroffenen Stelle des Spiegels ein Theil des Lichts unregelmässig reflectirt, d. h. nach allen Seiten hin zerstreut wird. Bei dieser Erscheinung findet gerade das Entgegengesetzte wie bei jener statt, d. h. je unvollkommener der Spiegel polirt ist, desto intensiver ist

das zerstreute Licht. Die regelmässig reflectirten Strahlen zeigen uns übrigens keineswegs den reflectirenden Körper, sondern vielmehr das Bild des leuchtenden Punktes, von dem sie ausgehen. Die vollkommenste Reflexion geben Metallspiegel, besonders von Platina, sowie auch manche Legirungen von Kupfer, Silber und Zinn.

Zur nähern Bestimmung der regelmässig reflectirten Strahlen mag erwähnt werden, dass der Reflexionswinkel dem Einfallswinkel gleich ist. Gesetzt in Fig. 38. sei no der einfallende Strahl, und po ein auf der Ebene des Metallspiegels errichtetes Perpendikel, so wird der Strahl in einer solchen Richtung or gespiegelt, dass der Reflexionswinkel rop dem Einfallswinkel nop gleich ist, also macht der Strahl vor und nach der Spiegelung denselben Winkel mit dem Einfallslothe.



Brechung oder Refraction des Lichts.

§. 49. Die Ablenkung, welche ein Lichtstrahl erleidet, wenn er aus einem Mittel in ein anderes übergeht, nennen wir die Brechung des Lichts; geht der Strahl aus Luft in Wasser über, so erleidet er eine solche Ablenkung. Die mehr oder minder bedeutende Ablenkung hängt von der Dichtigkeit der Mittel ab. Ist der zweite Körper dichter als der erstere, so kommt die Brechung mehr dem Lothrechten nahe, ist er aber weniger dicht als der erstere, so geschieht die Brechung mehr vom Lothrechten abwärts. Fällt ein durch die Luft gehender Strahl schief auf eine Glasglocke, so wird er nach dem Lothrechten zu gebrochen, tritt er aber wieder aus dem Glase in die Luft, so wird seine Richtung abgeändert. Der Einfallswinkel ist, wie bei der Spiegelung, der Winkel, welchen der einfallende Strahl mit dem errichteten Einfallslothe macht. Der Brechungswinkel ist derjenige, welchen der gebrochene Strahl mit der Fortsetzung der Einfallslothe macht. Die Einfallsebene ist die durch den einfallenden Strahl und das Einfallslot, die Brechungsebene die durch den gebrochenen Strahl und das Einfallslot gelegte Ebene; also fallen beide Ebenen zusammen.

Wie schon erwähnt, ist die Brechung der Dichtigkeit proportional, jedoch ist den leicht brennbaren Körpern eine stärker lichtbrechende Kraft eigen, als sie eigentlich nach ihrer Dichtigkeit besitzen sollten. Ein Körper verändert sein Brechungsvermögen nicht, so lange er nicht in den gasförmigen Zustand übergeht; das Brechungsvermögen eines und desselben Körpers wird schwächer, wenn er aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeführt wird, wie von berühmten Physikern, wie Arago, Biot und Dulong ermittelt worden ist.

In allen unkrystallisirten Körpern ist der gebrochene Strahl einfach; manche krystallisirte Körper, wie z. B. der Kalkspath, Berg-

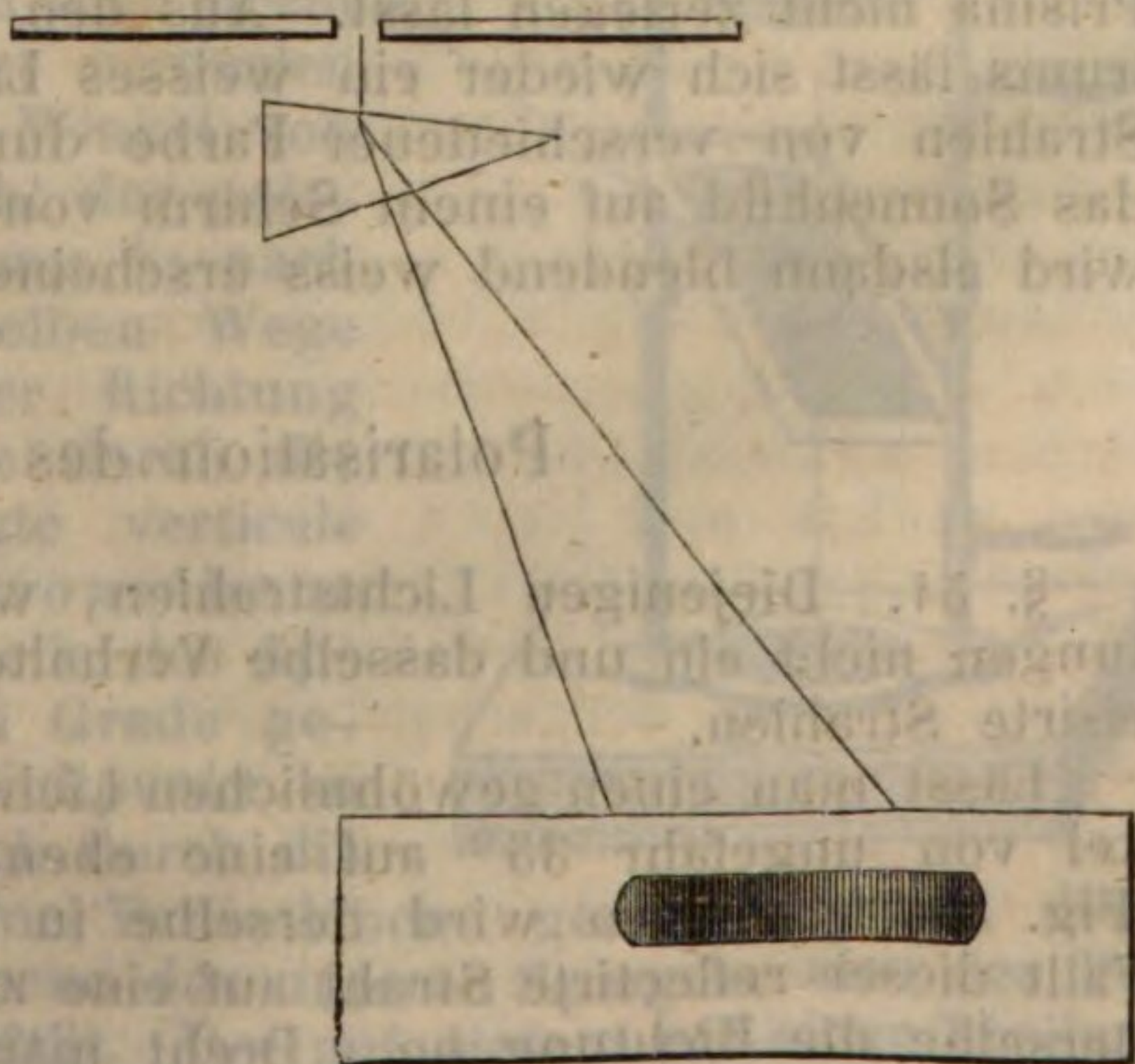
krystall u. s. w. haben aber die Eigenschaft, jeden einfallenden Lichtstrahl in zwei gebrochene Strahlen zu zerlegen, von denen der eine der gewöhnlichen Richtung folgt, der andere aber stärker abgelenkt wird, weshalb man von einem ordentlichen und ausserordentlichen Strahle spricht; eine Eigenschaft, welche man zum Unterschiede von jener einfachen Brechung als doppelte Brechung bezeichnet.

Zerlegung des Lichts.

§. 50. Das Licht wird durch prismatische Mittel in verschiedene Farben zerlegt, wodurch man ein Farbenbild, Spectrum genannt, erhält, dessen Beschaffenheit von dem Prisma, d. h. von seiner Masse und Stellung, abhängt. Um sich von dieser Zerlegung, respective von der Zusammensetzung des weissen Lichts zu überzeugen, verfährt man am besten auf folgende Weise. Man lasse vermittelst eines Spiegels, welcher vor der engen Oeffnung des Fensterladens eines dunkeln Zimmers angebracht ist, einen Sonnenstrahl in dasselbe fallen, so dass er auf seinem Wege von einem keilförmigen Stück Glase, dem Prisma, aufgefangen wird. Ohne das Prisma würde man auf einer weissen Wand oder auf einem Bogen weissen Papiers ein weisses, rundes Sonnenbild wahrnehmen; da aber der Strahl sowohl bei seinem Eintritte in das Glas, als auch wieder bei seinem Austritte gebrochen wird, so sieht man auf dem Papiere einen länglichen Raum mit verschiedenen Farben sich bilden, welche man übrigens schon ohne Sonnenspectrum wahrnimmt, wenn man durch ein Prisma nach einem schmalen, hellen Gegenstande hinsieht. Newton beobachtete in diesem Spectrum sieben verschiedene Farben, nämlich von oben an gezählt: violett, indigo, blau, grün, gelb, orange, roth (Fig. 39.).

Fig. 39.

Der Sonnenstrahl, welchen man vermittelst des Sonnenspectrums in den dunkeln Raum gehen lässt, wird bei seinem Durchgange durch das Prisma in verschiedene Strahlen zerlegt, welche auf eine verschiedene Weise gebrochen werden, d. h. manche werden mehr von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt als die übrigen; so werden die blauen Strahlen mehr abgelenkt als die gelben, die gelben mehr als die rothen,



und daher sind natürlich die violetten Strahlen stärker brechbar als die rothen.

Nach Brewster hat man nur drei Hauptfarben, nämlich die Primärfarben blau, gelb und roth anzunehmen, durch deren Vermischung die übrigen entstehen. Wir erblicken an jeder Stelle des Spectrums ein wenig weisses Licht und auch etwas von jeder dieser drei Primärfarben; aber an einer besondern Stelle herrscht immer eine der drei Farben vor. Ist der Brechungswinkel nach oben gekehrt, so steht die violette Farbe am tiefsten, d. h. die rothen Strahlen befinden sich nahe an der Spitze des Spectrums, die gelben in der Nähe der Mitte und die blauen nahe an der Spitze des Spectrums; folgen aber die sieben Farben nach Newton, wie wir sie aufgezählt haben, auf einander, so ist der brechende Winkel des Prismas nach unten gekehrt. Vergleichen wir die Reihenfolge dieser sieben Farben und die Lage der rothen, gelben und blauen Strahlen im Spectrum mit einander, so möchten wohl nur drei Primärfarben anzunehmen sein, und die orangefarbenen aus einer Mischung der gelben und rothen, die grünen aus der gelben und blauen entstehen; die indigofarbenen und violetten, im Grunde genommen blaue Farben, empfangen ihre Nuancen durch die rothen und gelben.

Das ganze Farbenspectrum besteht aus einer Reihe kreisförmiger Bilder, welche auf einander folgen, und sogar über einander fallen; je kleiner die Oeffnung ist, durch welche der Lichtstrahl fällt, desto kleiner sind die runden Bilder, aber auch desto reiner, weil sie nicht so sehr über einander fallen.

Als wesentliche Eigenschaft der prismatischen Farben lässt sich noch anführen, dass eine jede Farbe des Spectrums einfach ist, indem sie sich nicht weiter zerlegen lässt, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man ein Spectrum auf einer Wand auffängt und an einer bestimmten Stelle ein Loch macht; es wird ein einfacher Strahl hindurchgehen, welcher sich von Neuem durch ein Prisma nicht zerlegen lässt. Aus den einfachen Farben des Spectrums lässt sich wieder ein weisses Licht bilden, wenn man die Strahlen von verschiedener Farbe durch eine Linse sammelt und das Sonnenbild auf einem Schirm von Papier auffängt; das Licht wird alsdann blendend weiss erscheinen.

Polarisation des Lichts.

§. 51. Diejenigen Lichtstrahlen, welche nach gewissen Richtungen nicht ein und dasselbe Verhalten zeigen, nennt man polarisirte Strahlen.

Lässt man einen gewöhnlichen Lichtstrahl lm unter einem Winkel von ungefähr 35° auf eine eben geschliffene Glasplatte RO (Fig. 40) fallen, so wird derselbe in der Richtung lmn reflectirt. Fällt dieser reflectirte Strahl auf eine zweite Glasplatte P , so nimmt derselbe die Richtung nq . Dreht man nun die zweite Glasplatte

um eine Axe, die mit dem Strahle mn zusammenfällt, so sind die beiden Spiegel nicht mehr parallel, während der Winkel, den der Strahl mn mit der zweiten Platte macht, derselbe bleibt.

Bei einem Winkel von 90° wird der Strahl nicht mehr reflectirt, dreht man nun noch weiter, so kommt die Reflexion wieder zum Vorschein, bis sie bei 180° wieder so gross ist wie bei 0° , wo die Reflexionsebene mit der untern Platte parallel ist. Bei 270° wird aber kein Licht mehr reflectirt.

Sind die Reflexionsebenen beider Platten mit einander parallel, so wird der Strahl mn von der zweiten Platte zurückgeworfen, kreuzen die Ebenen sich aber, so wird er durchgelassen.

Am besten kann man diese Polarisationserscheinungen mit Hülfe des Nörremberg'schen Apparates beobachten, wovon uns Figur 41 eine Abbildung giebt.

Dasselbe enthält eine polarisirende Glasplatte R , welche um eine horizontale Axe zwischen zwei verticalen Stäben gedreht werden kann, ferner einen gewöhnlichen Planspiegel S von Glas und ein unter 35° gegen die verticale Axe des Instruments geneigtes und geschwärztes Glas N , welches man den Analyseur nennt. Fällt nun ein Lichtstrahl in der Richtung ab auf die polarisirende Glasplatte R , und man dreht diese so, dass sie mit der verticalen Axe des Instruments einen Winkel von ungefähr 34° bildet, so geht der polarisirte Strahl in der Richtung bc nach S und von da auf demselben Wege theilweise zurück, in der Richtung nach dem Analyseur. Eine durch die Ebene ab und bc gelegte verticale Ebene heisst die Polarisationssebene des Strahls. Am obern Theile des Apparats befindet sich ein in Grade getheilter Kreis P , dessen Nullpunkt so liegt, dass, wenn man sich durch die Theilstriche 0 und 180° eine Verticalebene gezogen denkt, diese Ebene mit der Reflexionsebene des unteren Spiegels, also der Polarisationssebene, zusammenfällt. Der auf diesem mit einer Theilung

Fig. 40.

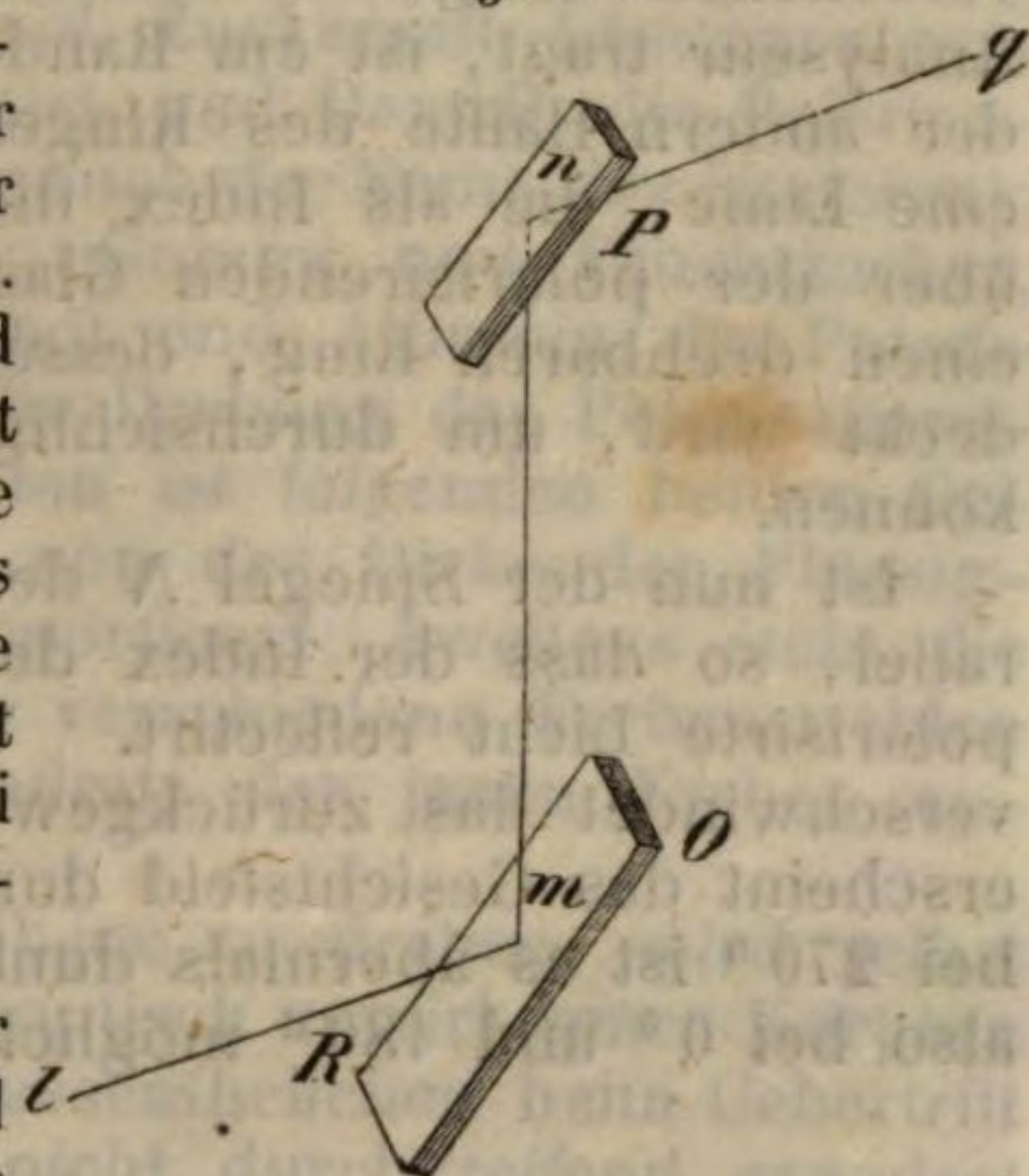
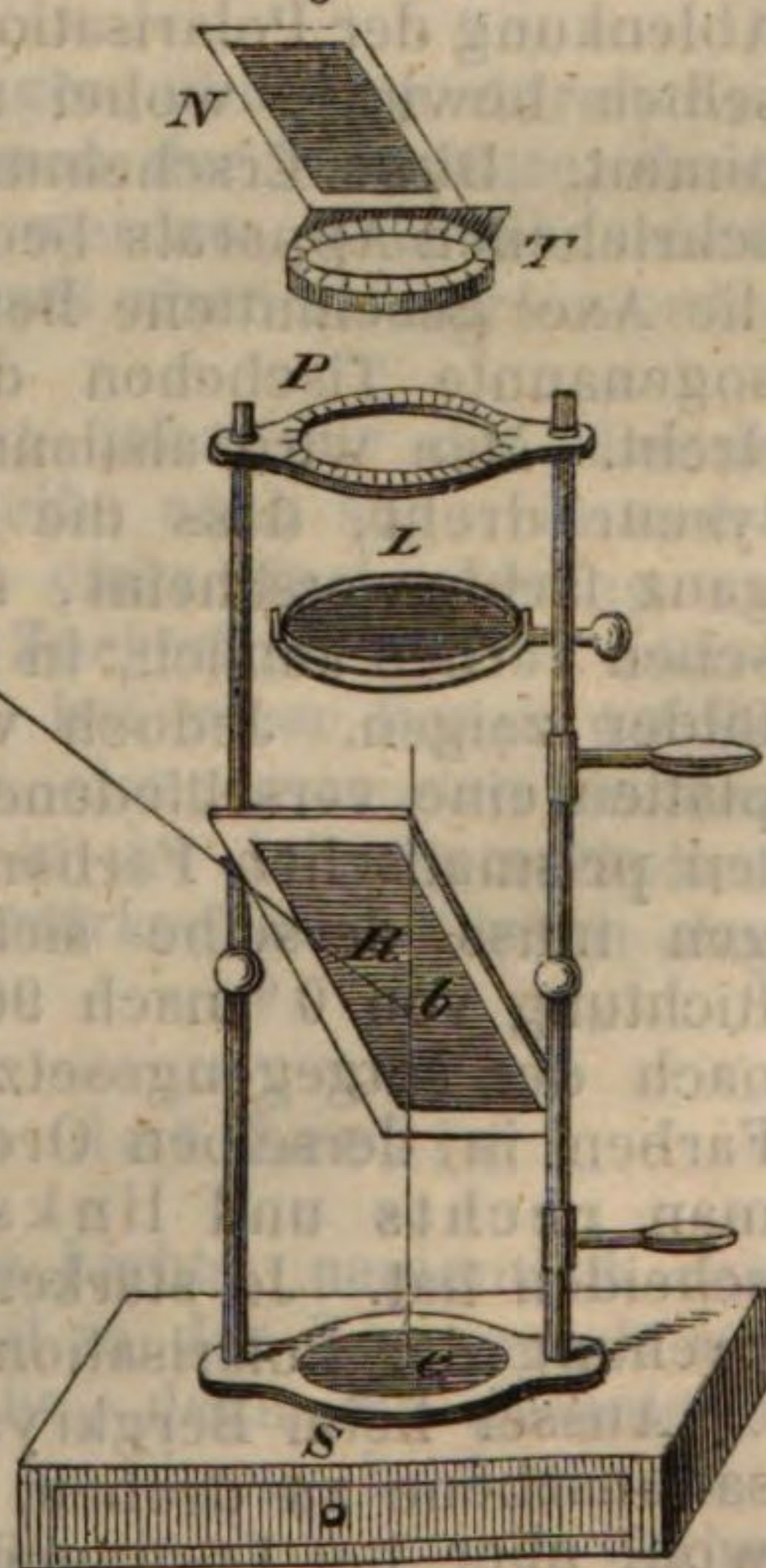


Fig. 41.



versehenen Ringe befindliche drehbare Ring *T*, welcher den Analyseur trägt, ist am Rande etwas zugeschärft und in der Mitte der andern Hälfte des Ringes befindet sich auf der Zuschärfung eine Linie, die als Index dient. Der in der Mitte des Apparats über der polarisirenden Glasplatte *R* befindliche Ring *L* enthält einen drehbaren Ring, dessen Oeffnung mit einer Glasplatte bedeckt wird, um durchsichtige Gegenstände auf dieselbe legen zu können.

Ist nun der Spiegel *N* des Analyseurs mit dem Spiegel *R* parallel, so dass der Index des Ringes bei 0° steht, so wird das polarisirte Licht reflectirt. Wird aber der Ring *T* gedreht, so verschwindet das zurückgeworfene Licht immer mehr; bei 90° erscheint das Gesichtsfeld dunkel, bei 180° ist es wieder hell und bei 270° ist es abermals dunkel. Die polarisirten Strahlen werden also bei 0° und 180° möglichst vollständig reflectirt.

Anwendung des polarisirten Lichts bei chemischen Untersuchungen.

§. 52. Am Bergkrystall hat Arago sehr interessante Polarisationerscheinungen beobachtet, nämlich dass derselbe, unter gewissen Umständen einem polarisirten Strahle ausgesetzt, eine Ablenkung der Polarisationsebene oder die sogenannte Drehung derselben bewirkt, wobei man lebhaftere Farbenerscheinungen wahrnimmt. Diese Erscheinung kann man mit Hülfe des so eben beschriebenen Apparats beobachten, wenn man eine senkrecht gegen die Axe geschnittene Bergkrystallplatte auf den Ring *D* oder das sogenannte Tischchen des Apparats bringt und den Analyseur dreht. Man wird alsdann wahrnehmen, wie man auch den Analyseur dreht, dass die Krystallplatte in keiner Stellung desselben ganz farblos erscheint, sondern sich an derselben, den prismatischen Farben ähnlich, in bestimmter Ordnung auf einander folgende Bilder zeigen. Jedoch verlangen die verschiedenen Bergkrystallplatten eine verschiedene Drehung des Analyseurs, um die bekannten prismatischen Farben erscheinen zu lassen, nämlich bei einigen muss derselbe sich nach der rechten Seite hin, also der Richtung von 0° nach 90° drehen, und bei andern muss derselbe nach der entgegengesetzten Seite hin gedreht werden, damit die Farben in derselben Ordnung folgen. Hieraus geht hervor, dass man rechts und links drehende Bergkrystallplatten zu unterscheiden hat. Je stärker die Platten sind, desto mehr wächst die Drehung der Polarisationsebene.

Ausser beim Bergkrystall hat man die Eigenschaft, die Polarisationsebene zu drehen, an keinem festen Körper wahrgenommen, wohl aber bei Lösungen von Substanzen organischen Ursprungs, eine Entdeckung, welche wir Biot zu verdanken haben, der sich in neuester Zeit nebst mehreren andern Naturforschern sehr viel mit Untersuchungen über diese Eigenschaft der Körper beschäftigt

und sehr interessante Resultate erzielt hat. So haben z. B. diese Untersuchungen gelehrt, dass Citronenöl, Zuckersaft, Lösungen von Weinsäure, von Campher in Weingeist und Dextrin die Polarisationsebene nach rechts drehen (daher auch der Name des letzteren); dass dagegen Lösungen von Inutin, Gummi und Fruchtzucker, ferner Kirschlorbeerwasser, Terpentinöl und Albumin die Polarisationsebene nach links drehen. Die Drehung der Polarisations-ebenen durch gleichartige Flüssigkeiten ist folgenden beiden Gesetzen unterworfen. Einmal ist sie von der Dicke der Flüssigkeitsschicht abhängig oder dieser proportional; zweitens steht die Drehung der Polarisationsebene für verschiedene Farbenstrahlen im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der jenen Farben zugehörigen Wellenlänge.

Das Vermögen, die Polarisationsebene zu drehen, wird selbst in die chemischen Verbindungen mit optisch unwirksamen Körpern übertragen, wenn der Bestand der Massentheilchen beim Uebertritt in diese chemischen Verbindungen nicht durchgreifend geändert wird. Wird ein optisch wirksamer Körper mit einem unwirksamen vermischt und die Polarisationsebene in höherem und geringerem Grade gedreht als im reinen Zustande, so sieht Biot dies an, als ob eine chemische Einwirkung auf die optisch wirkenden Massentheilchen stattgefunden habe, welche jedoch nicht kräftig genug war, eine Auflösung oder gänzliche Umbildung dieser Massentheilchen hervorzurufen.

Biot fand z. B. bei seinen Untersuchungen über die durch Erhitzen erzeugten verschiedenen Modificationen der Weinsäure, dass, wenn sie polarisirtem Lichte ausgesetzt werden, eine Gleichheit im optischen Verhalten stattfand, dass dieses aber zerstört wurde, sobald er Blausäure zusetzte.

Die Drehung der Polarisationsebene ist daher für die Chemie von grosser Wichtigkeit und man hat dieselbe auch sogar in technischer Hinsicht benutzt, um den Gehalt einer Zuckerlösung an krystallisirbarem Zucker zu prüfen. Die Zuckerlösung übt nämlich auf die Farbenerscheinungen, welche bei einer Bergkrystallplatte des Polarisationsapparates stattfinden, einen gewissen Einfluss aus, die um so grösser, je mehr Zucker in der Lösung enthalten ist. Je concentrirter die Lösung, desto stärker ist natürlich das Rotationsvermögen.

B. Chemische Wirkungen des Lichts.

§. 53. Wie wesentlich der Einfluss des Lichts, namentlich des Sonnenlichts, auf die chemische Thätigkeit in der Körperwelt ist, nehmen wir täglich an den Pflanzen wahr, denn die gesammte Schaar dieser organisirten Wesen bedarf zu ihrem kräftigen Gedeihen des Lichts; sie erhalten ihre schöne, lebhaft grüne Farbe nur unter Einwirkung des Sonnenlichts, während die Mehrzahl im Dunkeln erblasst und sich keiner vollkommenen Vegetation zu erfreuen hat.

Ebenfalls aber auch auf das animalische Leben einer grossen Reihe von Geschöpfen wirkt das Licht wohlthuend ein.

Die mit dem sogenannten Chlorophyll (Blattgrün) angefüllten oder grünen Theile der Pflanzen absorbiren aus der Atmosphäre Kohlensäure, welche zerlegt wird, indem der Kohlenstoff derselben den Pflanzen assimilirt und der Sauerstoff wieder in die Luft ausgehaucht wird. Dass dieser Process nur unter Einwirkung des Lichts stattfindet, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man frische grüne Blätter in eine mit kohlensäurehaltigen Wasser gefüllte Glasglocke bringt; setzt man diese dem Lichte aus, so wird man in dem oberen Theile aufsteigende Gasblasen bemerken, welche sich an den Blättern entwickeln und Sauerstoffgas sind; wird die Glocke aber ins Dunkle gebracht, so zeigt sich keine Gasentwicklung, d. h. wenn dem Wasser sämtliche freie Kohlensäure entzogen wird.

Ebenso befördert auch das Sonnenlicht die Vereinigung des Sauerstoffes der Luft mit dem Kohlenstoff und Wasserstoff organischer Substanzen, worauf namentlich das Bleichen und die Farbenveränderung mancher gefärbter vegetabilischer Stoffe beruht.

Nicht allein macht aber das Licht seinen Einfluss auf das vegetative Leben geltend, sondern wirkt noch in anderer Weise sehr mannichfach auf die chemische Vereinigung und Zersetzung zahlreicher Substanzen ein, wiewohl im Allgemeinen die chemische Wirkung des Lichts sich namentlich auf die Thätigkeit des Sauerstoffes und vorzugsweise auf eine Ausscheidung desselben bezieht.

Vielfach angestellte Versuche haben gelehrt, dass die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen nicht auf eine und dieselbe Weise in chemischer Hinsicht wirksam sind, sondern dass ihr Einfluss von ihrer grössern oder geringern Brechbarkeit, und daher auch von ihrer verschiedenen Farbe abhängig ist. Man hat gefunden, dass das weisse Sonnenlicht und die brechbarsten Strahlen des Spectrums, die violetten und blauen, weit energischer auf die chemische Thätigkeit einwirken, als die minder brechbaren, rothen und gelben.

Der berühmte Chemiker Scheele beobachtete zuerst, dass mit Chlorsilber bestrichenen Papier in der violetten Farbe des Spectrums geschwärzt wurde, während es in einem schwarzen Glase weiss blieb. Später haben ausgedehntere Untersuchungen von Bérard, Ritter, Wollaston und Anderen gezeigt, dass die chemischen Wirkungen der violetten Strahlen wirklich am stärksten sind und sich sogar noch über die Grenzen des Spectrums hinausdehnen, sich also noch auf die unsichtbaren Strahlen erstrecken, während die blauen schon eine schwächere und die rothen fast gar keine Wirkung hervorbringen. Die Concentration der violetten, blauen und zum Theil grünen Strahlen mittelst einer optischen Linse bewirkte schon in wenigen Minuten eine Schwärzung des Chlorsilbers; dagegen rufen die übrigen Strahlen des Spectrums, selbst wenn sie auch auf dieselbe Weise concentrirt sind, kaum eine Veränderung hervor.

Ob nun diese weniger brechbaren, gelben und rothen Strahlen

gar keine oder nur eine schwache Wirkung besitzen, oder ob sie das Vermögen in sich tragen, die von den übrigen Strahlen angeregte Wirkung fortzusetzen, oder dieser sogar entgegenstreben, ist noch nicht mit Bestimmtheit entschieden. Becquerel hat übrigens durch seine vortrefflichen Beobachtungen über die Wirksamkeit der weniger brechbaren Strahlen einigen Aufschluss geliefert. Er fand nämlich, dass Bromsilber, wenn dasselbe dem Einfluss der gelben und rothen Strahlen ausgesetzt wurde, nur dann durch diese eine Veränderung erleidet, wenn man der Verbindung zuvor den Einfluss des weissen Tageslichts oder auch des blauen oder violetten Lichts gestattet hat. Demnach würden also die gelben und rothen Strahlen wirklich die Fähigkeit besitzen, die von den blauen und violetten Strahlen angeregte Wirkung fortzusetzen, so dass man nach Becquerel diese letzteren als anregende, und die gelben sowohl als die rothen als fortwirkende betrachten könnte. Auch Moser überzeugte sich ebenfalls davon, indem er ähnliche Versuche mit dem Jodsilber vornahm; denn auf diese Verbindung wirkten die gelben und rothen Strahlen ebenfalls nicht selbständig, sondern nur fortsetzend. Mehrere Forscher haben sich sogar dahin ausgesprochen, dass es möglich sei, die durch blaues Licht geschwärzten Chlor- und Jodsilberverbindungen durch mehrfache Einwirkung gelber Strahlen wieder in den ursprünglich leicht empfindlichen Zustand zu versetzen. Jedoch möchten hierbei die Intensität des Lichts sowie die Jahreszeit und klimatischen Verhältnisse wohl eine Rolle spielen.

Da sich jedoch nach den bis jetzt angestellten Untersuchungen ergeben hat, dass nur eigentlich, ausser dem weissen Sonnenlichte, den brechbarsten Strahlen des Spectrums (den violetten, blauen u. s. w.) eine kräftige chemische Wirkung zuzuschreiben ist, und der Einfluss der weniger brechbaren (rothen, gelben u. s. w.) auf die chemische Thätigkeit nur ein untergeordneter zu sein scheint, so bezeichnet man jene ersteren nicht unpassend als chemische Strahlen.

Dass die Intensität des Lichts in Bezug auf die chemische Thätigkeit sehr wesentlich ist, sieht man namentlich daraus, dass das gewöhnliche Feuerlicht keinen Einfluss ausübt, sondern dass dieses nur bei einer sehr hohen Intensität geschieht. Wir müssen daher das Sonnenlicht als die wirksamste Ursache der chemischen Thätigkeit betrachten. Es dürfte daher von grossm Interesse sein, hier eine kleine Reihe der bis jetzt erkannten Verbindungen und Zersetzungen, welche durch diesen Einfluss des Sonnenlichts hervorgerufen werden, aufzuführen.

Befinden sich in einem verschlossenen Glase Chlorgas und Wasserstoffgas, so werden diese beiden Gase im Dunkeln sich nicht vereinigen; sobald man sie aber dem gewöhnlichen Tageslichte in einem weissen oder blauen Glase aussetzt, tritt nach und nach eine Verbindung von Chlorwasserstoffgas ein, die im Sonnenlichte sehr rasch, unter Explosion, erfolgt; in einem rothen oder gelbrothen Glase dagegen findet diese Vereinigung nicht statt. Favre und

Silbermann betrachteten in neuerer Zeit die Einwirkung des Sonnenlichts auf ein Gemenge von Chlor und Wasserstoffgas näher; sie stellten 50 mit diesen Gasen gefüllte Glasröhren an der Wand eines engen Troges auf, so dass sie durch Salzwasser in gleichem Niveau gesperret waren und liessen das prismatische Farbenbild darauf fallen. Das Niveau erhob sich nun in dem Grade rascher, als die chemische Wirkung kräftiger war, wodurch diese dann auf die deutlichste Weise anschaulich wurde.

Gewährt man dem vom Wasser absorbirten Chlorgase oder dem sogenannten Chlorwasser den Zutritt des Sonnenlichts, so entzieht jenes Gas dem Wasser seinen Wasserstoff und der Sauerstoff wird ausgeschieden. Chlor- und Kohlenoxydgas vereinigen sich zu kohlensaurem Kohlensuperchlorid (früher Davy's Phosgen-gas). Unter Wasser aufbewahrter Phosphor vereinigt sich im Lichte mit Sauerstoff zu rothem Phosphoroxyd.

Concentrirte Salpetersäure wird hinter weissem und blauem Glase in Sauerstoff und Untersalpetersäure zersetzt. Ebenfalls übt das Licht auf manche Metallverbindungen, namentlich auf die der edlen Metalle einen zersetzenden Einfluss aus; den Oxyden (Metall und Sauerstoff) wird entweder der Sauerstoff entzogen (Reduction), oder sie zerfallen in reducirtes Metall und Hyperoxyde (siehe den chemischen Theil). So wird z. B. Gold aus seinen Lösungen metallisch niedergeschlagen, Silberoxyd in Sauerstoff und metallisches Silber zerlegt, welches auch beim salpetersauren Silberoxyd der Fall ist, woher die schwarze Farbe desselben rührt, welche es erhält, wenn es dem Lichte ausgesetzt wurde. Auch Quecksilberoxyd wird im Lichte geschwärzt, indem es in Quecksilberoxydul und metallisches Quecksilber zerfällt und Sauerstoff entbindet. Chlorsilber färbt sich ebenfalls, wie schon erwähnt, und zwar im weissen Sonnenlichte und den prismatischen violetten Farben zuerst violett und später unter Entwicklung von Chlor schwarz. Auch eine Lösung von Chlorplatin wird durch Kalkwasser im farblosen und violetten Lichte zersetzt, indem sich Platin metallisch ausscheidet.

Eine Auflösung von Eisenchlorid in Aether wird hinter weissem und blauem Glase, aber nicht hinter rothem, in Eisenchlorür und Chloräther umgewandelt; auf ähnliche Weise verhalten sich auch andere Chlorverbindungen in weingeistigen und ätherischen Lösungen. Aus Gemischen von Chlorgas und Kohlenwasserstoffgas entstehen im Sonnenlichte verschiedene Chlorkohlenstoffverbindungen. Wasserfreie Blausäure wird durch Chlor unter Bildung von Salzsäure und festem Chlorcyan zersetzt, u. s. w.

Schönbein hat in neuester Zeit gefunden, dass Schwefelblei, dem Sonnenlichte ausgesetzt, Sauerstoff aufnimmt, seine Farbe verändert und in schwefelsaures Bleioxyd verwandelt wird, welches in einem dunklen Glase nicht geschieht. Derselbe machte diese Beobachtung an mit Schwefelblei bestrichenen Papierstreifen, deren braune Farbe vollkommen weiss wird. Ebenso erfolgt nach ihm eine Sauerstoff-Absorption, respective eine Oxydation und Farbenver-

änderung, wenn mit Schwefelarsen getränkte Papiere dem Lichte ausgesetzt werden, nur erfolgt die Oxydation etwas langsamer. Schwefelantimon ist noch etwas hartnäckiger gegen die Aufnahme von Sauerstoff als das Schwefelarsen. Endlich beobachtete er auch, dass Bleioxyd in einer Sauerstoff- oder Luft-haltigen, aber Kohlensäure-freien Flasche dem Sonnenlicht ausgesetzt, sich anfangs hell-, später rothgelb färbt, und, mit verdünnter Salpetersäure behandelt, sich in Bleihyperoxyd verwandelt.

Mögen uns diese Beispiele genügen, um den mächtigen Einfluss des Lichts auf den Chemismus zu beweisen und zu überzeugen, wie sehr der Chemiker die Einwirkung des Lichts zu berücksichtigen hat. Gewiss werden weitere Untersuchungen und Studien über diese Erscheinungen zu den interessantesten Resultaten führen, aber sicher auch der Wissenschaft, so wie mancher Anwendung im Leben von ausserordentlichem Nutzen sein.

Photographie.

§. 54. Es dürfte wohl nicht am unrechten Orte sein, hier Einiges über die Photographie zu sagen, welche auf Anwendung des mächtigen Einflusses des Lichts auf Jod-, Chlor- und Bromverbindungen mit Silber beruht. Zuerst hat Wedgwood die Schwärzung des Chlorsilbers benutzt, um die Bilder der Camera obscura zu fixiren; aber auch Davy und Niepce haben sich damit beschäftigt.

Daguerre hat sich jedoch in dieser Hinsicht am meisten verdient gemacht, indem er vorzugsweise die Empfindlichkeit des Jodsilbers für die Photographie benutzte. Hält man eine mit Silber überzogene Platte im Dunkeln so lange über Jod, Chlor oder Brom, bis sie eine goldgelbe Farbe angenommen hat und setzt sie nachher dem Sonnen- oder Tageslichte aus, so wird ihre Farbe immer dunkler und endlich schwarz. Bleibt die geschwärzte Platte längere Zeit dem Lichte ausgesetzt, so wird sie zuerst wieder grünlich-gelblich, dann hell-stahlgrün und nach vielen Tagen wieder dunkler. Die bekannten Daguerre'schen Lichtbilder werden auf einer Kupferplatte, welche mit einer dünnen Silberschicht überzogen ist, dargestellt. Die gut polirte Platte wird alsdann Joddämpfen ausgesetzt und in die Camera obscura gebracht, um den abzubildenden Gegenstand zu fixiren. Nachdem dieses geschehen, wird das Bild über Quecksilberdampf gehalten, wodurch das aufgenommene Bild hervortritt. Alsdann wäscht man die Platte mit einer siedendheissen Kochsalzlösung oder mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron ab, um das unveränderte Jod aufzulösen. Nach dieser Operation kann man die Platte ohne Nachtheil dem Tageslichte aussetzen.

Man hat auch die Bilder auf gehörig vorbereitetes Papier zu fixiren gesucht, wozu Davy erst den Grund legte, dessen Verfahren aber namentlich der Engländer Talbot zu vervollkommen suchte.

Der Hauptsache nach besteht dasselbe darin, dass ungeleimtes Papier mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd (5 Gramme in 450 Grammen Wasser) getränkt und nach dem Trocknen in eine Lösung von Jodkalium (3 Gramme in 27 Grammen Wasser) gebracht wird. Nach dem Trocknen und kurz vor dem Gebrauche trinkt man es noch ein mal mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd unter Zusatz von Essigsäure und Gallussäure. Die Bilder werden durch Bromkalium fixirt.

Middleton empfahl in neuester Zeit zur Bereitung photographischen Papiers, mit Eiweiss vermisches und Jodkalium versetztes Wasser. Das so zubereitete Papier soll vor dem Gebrauche mit einer Lösung von salpetersaurem Silber nebst einem Zusatz von Essigsäure bestrichen werden. Nach Middleton muss beim Einbringen in die dunkle Kammer und beim Herausnehmen gelbes Licht angewandt werden. Eine Beimischung von Gallussäure zerstört aber nach ihm die Empfindlichkeit.

§. 55. Die Daguerreotypie hat nun seit der ersten Veröffentlichung wesentliche Verbesserungen erfahren und es ist daher eine Anzahl verschiedener Methoden bekannt geworden, die aufzuzählen über die Grenzen unseres Zweckes hinausgehen würde, da wir hier nur einige Andeutungen über das Wesentliche der Photographie geben wollen, um die Empfindlichkeit der genannten Verbindungen gegen das Licht hervorzuheben und zugleich noch etwas über die Wirkung verschiedener Farbestrahlen sagen zu können. Wir wollen aber dagegen nicht unterlassen zuvor die wichtigsten Ingredienzen anzuführen, welche zur Anfertigung des photographischen Papiers, dessen Methoden sich in neuerer Zeit namentlich durch Blanquart-Evrard, Saguez, Schönbein und viele Andere sehr vervollkommen haben.

Um die Papiere für negative Bilder zu präpariren, bedarf man also des Jodkaliums in Wasser gelöst, des salpetersauren Silbers, ebenfalls in Wasser gelöst und mit Essigsäure versetzt. Ferner bedarf man reiner Gallussäure, die jedoch von Middleton, wie wir erwähnt haben, verworfen wird, und endlich ist unterschwefligsaures Natron, in seinem achtfachen Gewichte Wassers gelöst, nöthig. Für die Bereitung des Papiers für die positiven Bilder ist Kochsalz in seinem zwölffachen, salpetersaures Silberoxyd in seinem achtfachen und unterschwefligsaures Natron in seinem zwölffachen Gewichte Wassers erforderlich.

§. 56. Zur Erklärung der Processe, welche bei den Bereitungsmethoden des photographischen Papiers vor sich gehen, kann man wohl im Allgemeinen sagen, dass das Licht die gleichmässig auf dem Papiere vertheilten Silberpräparate in der Weise verändert, dass die Schicht an diesen Stellen leicht zersetzt und metallisches Silber schwarz ausgeschieden werde. Der mit den Daguerreotypplatten in Berührung kommende Quecksilberdampf reducirt das Silber in Pulverform aus den Stellen des Jodsilbers, welches stark vom Lichte getroffen wurde, und es bildet dieses Silberpulver einen weissen Staub, der solche Stellen des Bildes hell erscheinen

lässt, während die Jodsilberschicht, welche von dem Lichte wenig afficirt ist, auch von dem Quecksilber nicht reducirt, wohl aber von dem unterschwefligsauren Natron aufgelöst wird, und den schwarzen Spiegel der polirten Platte bei einem gewissen Winkel des reflectirten Lichts ungetrübt als dunkle Stellen zeigt.

Wir sprachen uns dahin aus, dass im Allgemeinen die kräftigste chemische Wirkung den brechbarsten Strahlen zuzuschreiben ist, und diese Annahme findet nun besonders auf die Photographie Anwendung; dagegen widerstreiten sich die Erfahrungen über die photogenische Wirkung der weniger brechbaren Strahlen, ob diesen wirklich nur eine fortsetzende oder sogar eine zerstörende Wirkung beizulegen ist. Am meisten hat sich Claudet damit beschäftigt, die abweichenden Resultate verschiedener Erfahrungen zu erklären.

Claudet spricht sich dahin aus, dass jede Strahlenart eine ganz eigenthümlich photogenische Wirkung äussere, welche zugleich die jeder andern Strahlenart aufheben könne. Die Wirkung der blauen Strahlen soll hiernach von den rothen und gelben und umgekehrt, zerstört werden. Unter photogenischer Wirkung will Claudet übrigens nur eine solche verstanden haben, welche den mit Jodid, Bromid oder Chlorid überzogenen Silberplatten Verwandtschaft zu Quecksilberdämpfen ertheilt. Er fand, dass rothe, orangefarbene und gelbe Strahlen die Wirkung des weissen Lichts und mithin die Verwandtschaft zu Quecksilberdämpfen vollständig wieder aufhoben. Dieses würde nach ihm für die Anwendung sehr wesentlich sein, da man die Platten bei hellem Tageslichte zubereiten könne, indem man dieselben durch Einwirkung des rothen Lichts wieder empfindlich mache. Aus diesen Wirkungen und Gegenwirkungen schliesst nun Claudet, dass eigentlich keine Reduction des Silbers unter Entbindung von Jod, Brom oder Chlor stattfinden könne.

Gaudin spricht sich dagegen nach seiner Erfahrung für Becquerel's Ansichten, nämlich für die fortsetzende Wirkung der weniger brechbaren Strahlen aus, denn derselbe giebt an, dass er durch die fortsetzende Kraft der durch ein orangegelbes Glas gegangenen Strahlen ohne Anwendung von Quecksilber vollkommene Bilder erhalten habe. Ausserdem aber sagt derselbe auch, dass bei Anwendung von Chlorjod das orangegelbe Licht nicht nur fortsetzend, sondern sogar selbständig wirke, während die durch ein rothes Glas gegangenen Strahlen nur die Fähigkeit besitzen, die Wirkung fortzusetzen. Claudet schreibt diese entgegengesetzten Wirkungen, nämlich die fortsetzenden und zerstörenden, einer Abhängigkeit von der Jahreszeit zu; eine Ansicht, die gewiss nicht unrichtig ist, denn es ist wohl nicht zu verkennen, dass die Intensität des Lichts einen vorherrschenden Einfluss ausübt.

Claudet spricht sich später über die fortsetzende und zerstörende Wirkung der verschiedenfarbigen Strahlen noch entschiedener aus, indem er mittheilt, dass das Licht in sehr kurzer Zeit dem Brom-Jodsilber Verwandtschaft zu Quecksilberdämpfen er-

theile, wobei das Brom-Jodsilber nicht zersetzt werde und daher die Wirkung der Bestrahlung durch rothe, orangefarbene und gelbe Strahlen leicht aufgehoben werden könne. Claudet giebt auch an, dass eine jodirte Platte ohne Zusatz von Brom sich anders verhalte als eine bromjodirte, indem die rothen, orangefarbenen und gelben Strahlen auf ihr auch die von weissem Lichte oder den eigentlich chemischen Strahlen ertheilte Verwandtschaft zu Quecksilberdämpfen nicht aufheben, sondern verstärken. Daraus geht natürlich hervor, dass diese Strahlen als fortsetzende wirken. Claudet erklärt sich diese verschiedene Wirkung aus der grösseren Empfindlichkeit des Jodsilbers.

Wir sehen hieraus, dass sowohl die Präparation der Platten als auch die Intensität des Lichts gewiss einen bedeutenden Einfluss auf die photogenische Wirkung des Lichts ausüben, und davon wahrscheinlich die herrschende oder zerstörende Wirkung abhängt.

Dritte Abtheilung.

Elektricität.

§. 57. Vorbemerkung. Fragen wir uns, was Elektricität ist, so werden wir uns ebenso wenig eine genügende Antwort geben können, als wir im Stande sind, Licht und Wärme zu definiren, denn wir kennen das eigentliche Wesen der Elektricität nicht, sondern nur ihre Wirkungen. Man bezeichnet mit diesem Ausdruck die unbekannte Ursache einer Reihe von Erscheinungen, die durch einen eigenthümlichen Zustand, welchen die Körper unter gewissen Bedingungen annehmen können, hervorgerufen werden. Diesen eigenthümlichen Zustand erkannte man zuerst dadurch, dass durch Reibung manchen Körpern die Eigenschaft ertheilt werden konnte, specifisch leichte und namentlich leicht bewegliche Körper anziehen und nach der Berührung meist wieder abzustossen. Am deutlichsten giebt sich jedoch dieser eigenthümliche Zustand dann zu erkennen, wenn derselbe in einem stärkern Grade erregt worden ist und wir die merkwürdige Erscheinung wahrnehmen, dass von dem mit dieser Eigenschaft begabten oder sogenannten elektrischen Körper auf andere nahe liegende ein Funken überspringt.

Die Benennung Elektricität, ist aus dem Griechischen von dem Worte ἤλεκτρον, Bernstein, entnommen, weil man an diesem Körper zuerst beobachtete, dass ihm durch Reibung die merkwürdige Eigenschaft ertheilt werden konnte, leichte Körpertheilchen, wie z. B. Papierschnitzeln, Kügelchen von Hollundermark, Stückchen von einer Federfahne u. s. w., anzuziehen. Später fand man jedoch, dass auch in andern Körpern, wie z. B. dem Schwefel, Glase, Siegellack, sämmtlichen Harzen, dieser eigenthümliche Zustand erregt werden kann.

Obgleich Reibung als die erste Quelle des elektrischen Zustandes der Körper zu betrachten ist, so ist sie doch nicht die alleinige,

sondern wir können zu den mannichfachen Erregungsmitteln der Elektricität namentlich auch die Berührung, Wärme, den chemischen Process und Magnetismus zählen.

Rücksichtlich ihrer mechanischen und chemischen Wirkungen äussert sie sich aber ganz unabhängig von ihren Erregungsmitteln auf eine und dieselbe Weise.

Elektrische Theorie.

§. 58. Die erste annehmbare theoretische Erklärung über elektrische Phänomene verdanken wir dem berühmten Benjamin Franklin, wiewohl schon früher Dufay beobachtet hatte, dass die durch Reibung des Glases erregte Elektricität von der auf dieselbe Weise in Harzen hervorgerufenen verschieden ist, woher man denn nach ihm Glas- und Harzelektricität unterscheidet.

Franklin dachte sich unter Elektricität ein ätherisches Fluidum, welches überall in der Natur verbreitet ist, dessen Theilchen sich einander wechselseitig zurückstossen und von allen wägbaren Materien angezogen werden. Nach ihm enthält jeder Körper eine gewisse Menge dieses Fluidums, die seinem natürlichen Zustande angemessen ist. Dieses Fluidum wird aber erst dann bemerkbar, wenn es in einem Körper in grösserer Menge vorhanden ist als bei andern ihn umgebenden, und ein Streben nach Gleichgewicht eintritt. Franklin nannte daher die Körper, in denen ein Ueberschuss von Elektricität, d. h. mehr als ihrem natürlichen Zustande zukommt, vorhanden ist, positiv elektrische, während er die, welche der ihnen gehörigen Elektricität ermangeln, als negativ elektrische bezeichnete. Die positive Elektricität fällt nach ihm mit der Glaselektricität zusammen, weil er annahm, dass dem Glase durch Reibung ein Ueberschuss von Elektricität ertheilt werde; negative Elektricität dagegen ist mit der Harzelektricität gleichbedeutend, da nach ihm die Harze beim Reiben Elektricität verlieren.

Die hiervon herrührenden Benennungen positive und negative Elektricität (oder $+ E$ und $- E$) haben sich bis auf den heutigen Tag erhalten. Später machte Robert Symmer die Beobachtung, dass Körper, welche freie positive Elektricität haben, einander abstossen und solche anziehen, welche keine oder negative Elektricität enthalten; er bemerkte aber auch, dass dasselbe bei solchen der Fall ist, welche freie negative Elektricität haben, dass sie sich ebenso abstossen und andere mit negativer oder positiver Elektricität begabte anziehen.

Da man sich aber nicht gut denken kann, dass sich da eine Kraft äussern soll, wo keine vorhanden ist, so kam Symmer auf die Idee, zwei elektrische Fluida anzunehmen, die ihre eigenen Theile abstossen und sich wechselseitig anziehen, übrigens aber in ihrem Verhalten gleich, nur ihrem Wesen nach verschiedenartig sind. Bei ihrer gegenseitigen Anziehung vereinigen sie sich und es tritt

ein Gleichgewichtszustand ein, oder sie neutralisiren sich, so dass sie ein für uns nicht wahrnehmbares Fluidum bilden. Entsteht Elektrizität durch Reibung, so wird nach dieser Theorie in diesem Fluidum dadurch das Gleichgewicht aufgehoben, so dass der reibende Körper die eine Elektrizität aufnimmt, während dem geriebenen Körper die andere zufließt. Bei dem sogenannten elektrischen Schlag stellt sich aber das Gleichgewicht wieder her und die entgegengesetzten Elektrizitäten nehmen ihren Weg nach verschiedenen Richtungen, bis sie sich vollkommen neutralisiren. Symmer hat deshalb zwar die Bezeichnungen positive und negative Elektrizität verworfen, aber keine passenderen gegeben, so dass man sie noch bis jetzt beibehalten hat. Obgleich nun die Franklin'sche Theorie im Anfange bedeutende Anhänger fand, so sprechen doch manche Erscheinungen für die Symmer'sche oder dualistische Theorie, und diese hat daher die Franklin'sche (die Theorie von einem Fluidum) verdrängt.

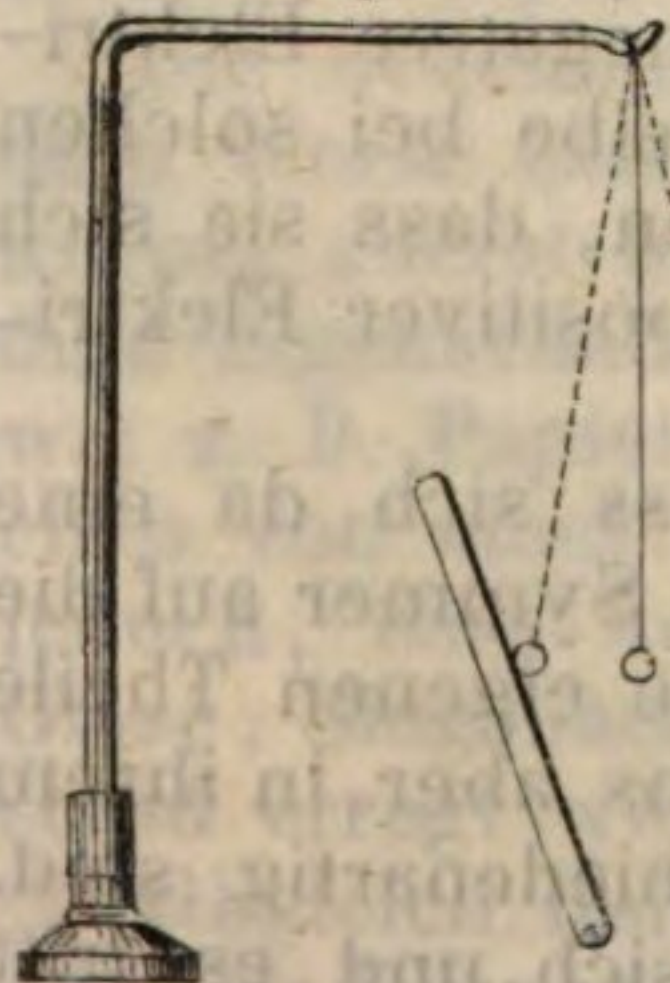
Lässt sich auch nach der letztern die Anziehung erklären, so ist dies doch mit der Abstossung nicht der Fall; namentlich reimt sich die von Symmer gemachte Beobachtung, dass auch die Körper, welche freie negative Elektrizität haben, sich einander abstossen, mit der Franklin'schen Theorie nicht zusammen.

Weiteres Eindringen in die elektrischen Phänomene, die sich nach der Symmer'schen Theorie ungezwungener erklären lassen, begünstigten diese immer mehr, wozu namentlich das im Dunkeln leuchtende, ungleiche Ausströmen der Elektrizitäten, die sogenannten hydroelektrischen, und manche andere Erscheinungen beitrugen.

In neuester Zeit haben zwar manche Gelehrte andere Theorien aufzustellen versucht und beide angeführten verworfen, da es ihnen aber nicht gelang, diese durch vollkommenere zu ersetzen und Aufschluss über das eigentliche Wesen der Elektrizität zu geben, so muss die Wissenschaft jene, wenn auch die für sich noch unvollkommene Hypothese beibehalten, da ohne eine geeignete Vorstellung vom Wesen der Elektrizität die von ihr herrührenden Körperzustände sich schwerlich erklären lassen werden.

Prüfung des elektrischen Zustandes der Körper.

Fig. 42.



§. 59 Um zu erfahren, ob ein Körper elektrisch ist, bedient man sich der Electroskope, z. B. des sogenannten einfachen elektrischen Pendels. Dasselbe besteht aus einem kleinen Hollunderkugeln, welches an einem feinen Faden von Seide aufgehängt ist (Fig. 42).

Nähert man dieser Kugel von Hollundermark einen Körper, welcher in den elektrischen Zustand versetzt ist, so wird das Kugeln angezogen; ist der Körper aber nicht elektrisch, so wird keine Anziehung stattfinden. Diesen Versuch kann man sehr leicht mit einer Siegel-

lackstange, welche mit einem wollenen Tuche gerieben wurde, und ebenfalls mit einer andern ungeriebenen anstellen.

Ausserdem hat man noch empfindlichere Apparate, um sich von dem elektrischen Zustande der Körper zu überzeugen, wie z. B. die elektrische Nadel und das Coulomb'sche Elektroskop, deren Beschreibung uns hier zu sehr ins Specielle führen würde, weshalb wir auf die Lehrbücher der Physik verweisen.

Der Gebrauch der Elektroskope lehrt uns, ob und in welchem Grade die Körper die Fähigkeit in sich tragen, elektrisch zu werden, und wir finden dadurch, dass, wie schon erwähnt, in Harzen, Schwefel, Glas, Bernstein u. s. w. eine starke elektrische Kraft erregt werden kann. Geriebene Metalle dagegen werden auf die Elektroskope durchaus gar nicht wirken; auch bei Edelsteinen, Holz und Kohle wird man gar keine Anziehung wahrnehmen.

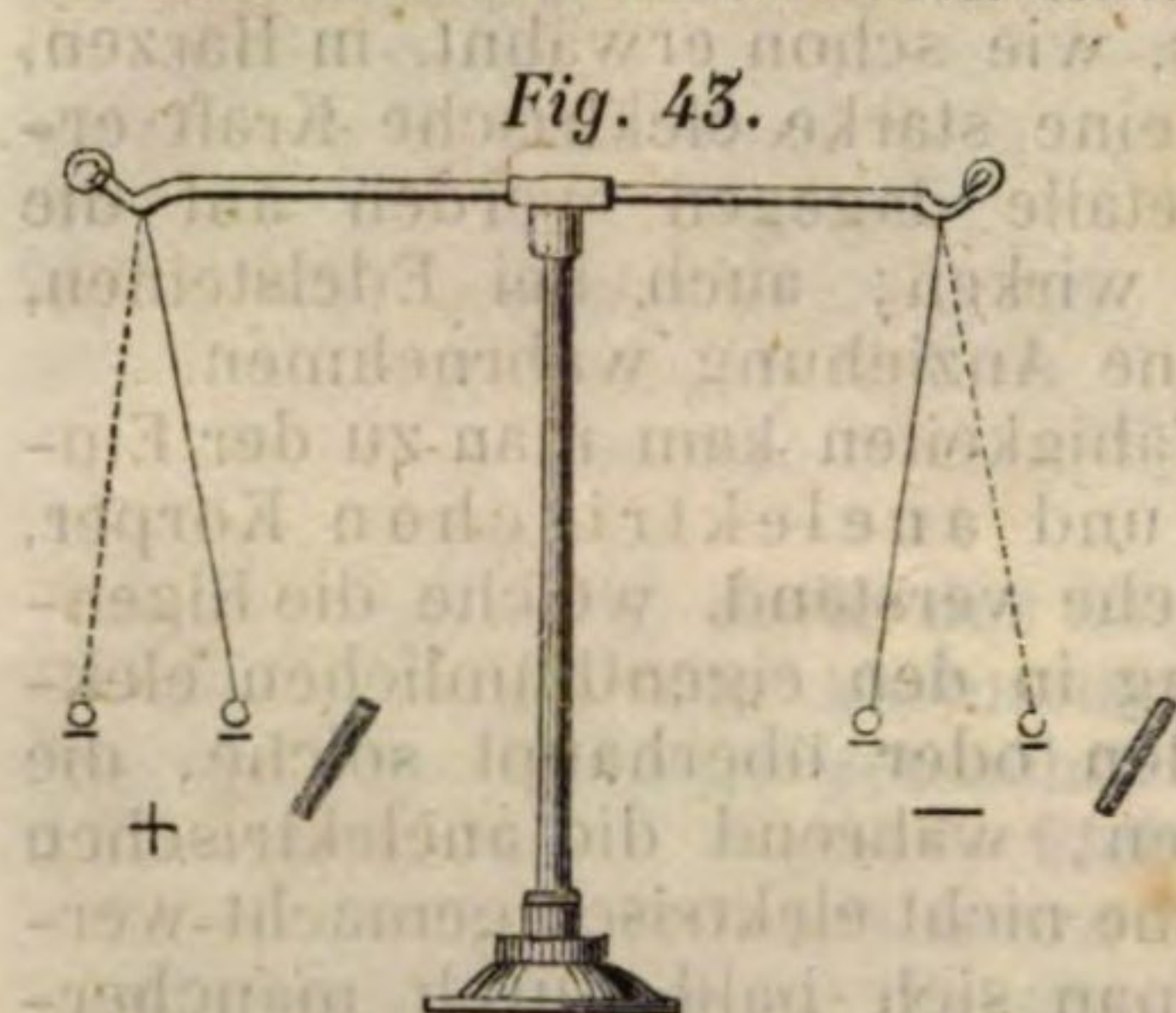
In Folge dieser verschiedenen Fähigkeiten kam man zu der Eintheilung der idioelektrischen und anelektrischen Körper, indem man unter den ersteren solche verstand, welche die Eigenschaft in sich tragen, durch Reibung in den eigenthümlichen elektrischen Zustand versetzt zu werden oder überhaupt solche, die Capacität für die Elektricität besitzen, während die anelektrischen als solche betrachtet wurden, welche nicht elektrisch gemacht werden können. Jedoch überzeugte man sich bald durch mancherlei Versuche, dass Metalle und auch die übrigen anelektrischen Körper das Vermögen in sich tragen, in den elektrischen Zustand übergeführt zu werden, aber ihre Elektricität leichter wieder verlieren, als die sogenannten idioelektrischen; man ist demnach zu dem richtigeren Unterschied von Leitern oder Nichtleitern, besser schlechten Leitern, gekommen. Die Eigenschaft der idioelektrischen Körper, die Elektricität nicht zu leiten, ist nun auch dazu benutzt worden, dieselben als Isolatoren anzuwenden, wodurch wenigstens verhindert werden kann, dass die Leiter ihre Elektricität verlieren, denn ein solcher wird nur so lange elektrisch bleiben, als er isolirt ist.

Zu den schlechten Leitern würden wir nun ausser dem Glase und den Harzen noch die trockene Luft und alle trockenen Gase, die Metalloide, sämtliche verbrennbaren Mineralien, Wachs, Talg, Zucker, fette Oele, Elfenbein, Haare, Pelz u. s. w. zu zählen haben, während die Metalle, Erze, Kohle, Graphit und manche feuchte und flüssige Körper, z. B. mit vielem Wasserdampf geschwängerte Luft und manche Säuren zu den besten Leitern gezählt werden können.

Von den beiden Elektricitätsflüssigkeiten.

§. 60. Wir haben bereits von Abstossung und Anziehung, so wie auch von positiv und negativ elektrisch gesprochen; wir wollen nicht verfehlen, diese Ausdrücke etwas näher zu beleuchten und zu bewahrheiten.

Bringt man einen elektrischen Glasstab mit zwei isolirten Goldblättchen in Berührung, so dass diesen die Elektricität des Glases mitgetheilt wird, so wird man bemerken, dass dieselben sich gegenseitig abstossen, wie dies ebenfalls durch eine geriebene Siegellackstange geschieht. Theilt man aber dem einen Glas- und dem andern Harzelektricität mit, so wird man bemerken, dass sie sich anziehen. Noch deutlicher tritt diese merkwürdige Erscheinung hervor, wenn man zwei isolirten elektrischen Pendeln (Fig. 43) die verschiedenen Elektricitäten mittheilt.



Bringt man mit dem einen dieser Pendel eine mit Seide geriebene Glasstange in Berührung, und mit dem andern eine mit Pelz geriebene Schellack- oder Siegellackstange zusammen, so wird man beobachten, dass das eine Kügelchen, welches durch die Glasstange abgestossen, durch die Siegellackstange angezogen wird, während auf der andern Seite das von dieser abgestossene vom Glase angezogen wird.

Da sich hier die Elektricitäten wie zwei entgegengesetzte Grössen verhalten, so hat man die Glaselektricität als positive (+ E) und die Harzelektricität als negative (— E) bezeichnet.

Aus den angeführten Versuchen ersieht man, dass also ungleichartige Elektricitäten sich anziehen und gleichartige sich abstossen; sind aber die entgegengesetzten Elektricitäten in einem Körper in gleicher Menge vorhanden, so neutralisiren sie sich, indem sie gegenseitig gebunden werden, wobei sich der Körper in seinem natürlichen Zustande befindet.

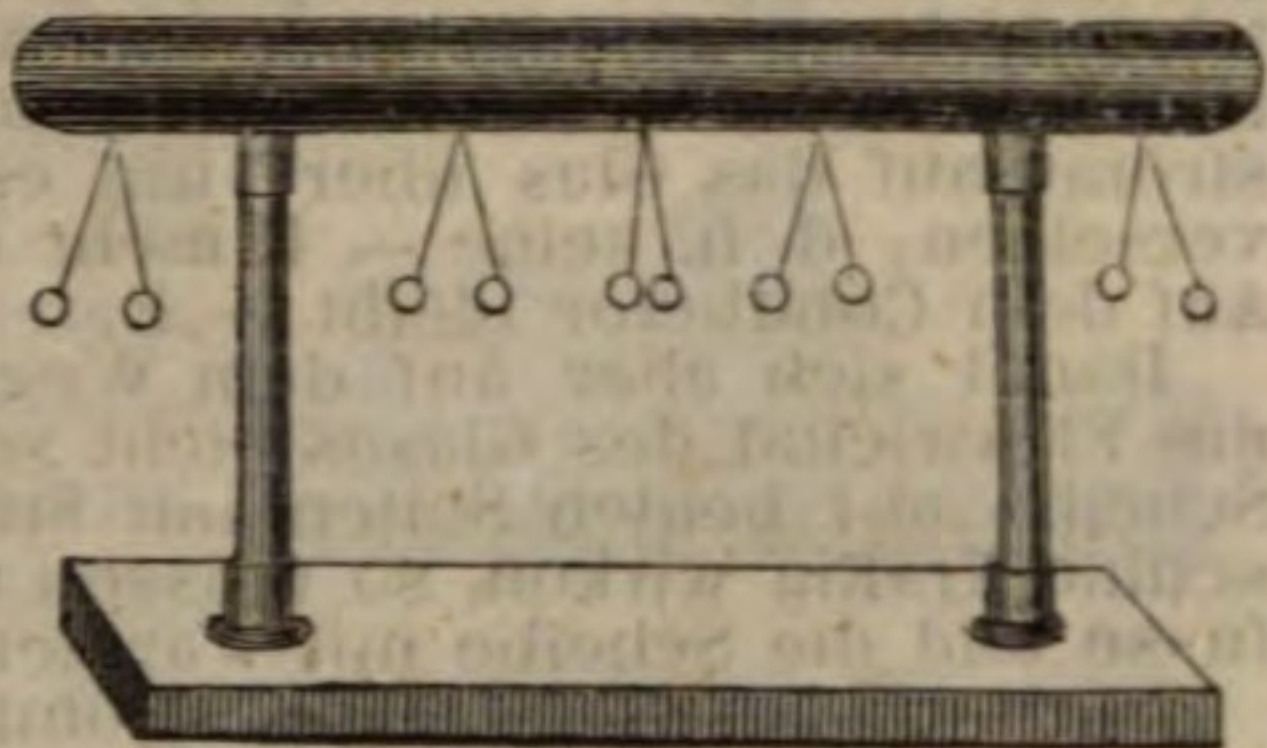
Reibt man zwei Scheiben, die eine von Glas und die andere von Holz mit Leder überzogen und mit Amalgam bestrichen, beide durch einen Glasstab isolirt, an einander, so wird man keine Spur von Elektricität wahrnehmen, so lange sie mit einander in Berührung bleiben; trennt man sie aber von einander, so wird die eine positiv und die andere negativ elektrisch, woraus hervorgeht, dass wenn in einem Körper + E frei wird, auch — E entwickelt werden muss.

Man kann demnach, da ein Körper in seinem natürlichen Zustande die beiden E in gleichem Maasse enthält, auch nicht annehmen, dass der eine oder der andere Körper besonders geeignet sei, vorzugsweise + E oder — E aufzunehmen; sondern man kann einen jeden Körper bald + elektrisch bald — elektrisch machen, nur muss man das Reibzeug darnach wählen; so wird z. B. Glas mit Seide oder Wolle + elektrisch und mit Katzenpelz gerieben — elektrisch.

§. 64. Wir haben oben gesagt, dass gleichnamige Elektricitäten sich abstossen, ungleichnamige sich anziehen; dies geschieht je-

doch nicht allein, wenn die beiden elektrischen Flüssigkeiten wirklich zersetzt werden, sondern diese Anziehung und Abstossung findet auch statt, wenn die Elektricitäten mit einander verbunden sind, weshalb auch dieselben, wenn man den Körper, dem sie angehören, einem elektrischen Körper nähert, vertheilt werden. Von dieser Vertheilung der Elektricitäten kann man sich durch mehrfache Versuche überzeugen; befinden sich z. B. an einem Metallstabe, welcher wieder auf einem Metallstabe ruht (Fig. 44), mehrere Pendelpaare vermittelst feiner Metallfäden befestigt, und man nähert diesen Pendelpaaren einen elektrischen Körper, so divergiren die Pendelpaare; entfernt man aber den elektrischen Körper, so werden die Kügelchen wieder zusammen fallen. Mit Hülfe eines Elektroskops wird man leicht ermitteln, welche mit positiver und welche mit negativer Elektricität begabt sind.

Fig. 44.



In der Nähe einer kräftigen Elektrisirmaschine empfindet man eine Wirkung der Vertheilung, so oft ein anderer den Conductor entladet.

Die Elektrisirmaschine ist überhaupt als eine der besten Erzeugungsapparate grosser Mengen von Elektricität zu betrachten und daher auch für den Chemiker ein so wichtiger Apparat, dass wir die Beschreibung der Construction nicht unterlassen wollen. Die erste Elektrisirmaschine wurde von Otto v. Guericke construirt.

Im Wesentlichen besteht dieser Erzeugungsapparat, welcher auf den Gesetzen der Erzeugung von Elektricität durch Reibung beruht, aus einem schlecht leitenden Körper, welcher gerieben wird, aus einem guten Leiter, der als Reibzeug dient, und aus einem isolirten Conductor, welcher zur Sammlung der erregten Elektricität bestimmt ist. Der geriebene Körper besteht in der Regel aus einer Glascheibe oder aus einem Glascylinder, die auf wagerecht liegenden Axen ruhen und mittelst Kurbeln gedreht werden, und dadurch sich am festliegenden, mässig angedrückten Reibzeuge reiben. Dieses Reibzeug besteht in der Regel aus einem mit Pferdehaaren ausgestopften Kissen von Leder, welches mit Amalgam überzogen ist. Der isolirte Conductor ist meistens ein System von hohlen Cylindern aus Messingblech, welche an den Enden kegelförmig abgerundet sind und von gläsernen mit Schellackfirniss überzogenen Säulen getragen werden. *)

*) Die Einrichtung der Elektrisirmaschinen ist eine sehr verschiedene; es mag daher die Construction einer der gewöhnlichsten, der sogenannten Scheibenmaschine, hier näher beschrieben werden, wovon in Figur 45 eine Abbildung vorliegt. Die Glasscheibe A hat gewöhnlich einen Durchmesser von 3 bis 4 Fuss und ist in der Mitte durchbohrt, damit die durch diese Oeffnung gehende Axe mit einer Kurbel r gedreht werden kann. Die Pfeiler s tragen sowohl die Scheibe als auch die beiden Paare von Kissen cc, welche die Scheibe vom Rand bis ungefähr auf $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ ihres Halbmessers rei-

§. 62. In dem Elektrophor, einem sehr wichtigen elektrischen Apparate, sehen wir die Vertheilung der Elektricitäten ebenfalls sehr deutlich. Dieser Apparat besteht aus einem Harzkuchen i ,

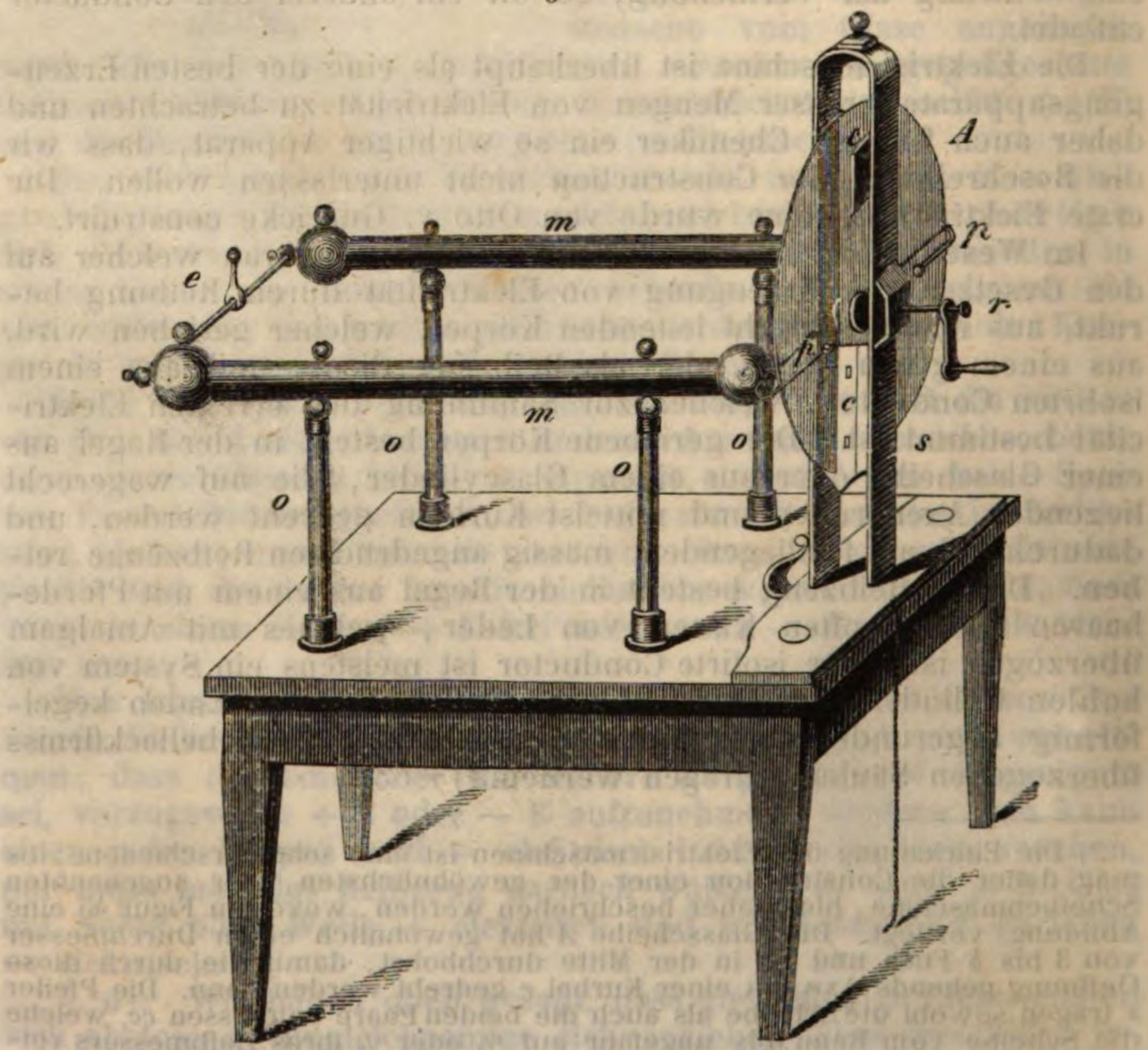
hen. Der Conductor emm' ist durch Säulen o isolirt und endigt mit zwei Backen p , welche am Ende des horizontalen Durchmessers der Scheibe um dieselbe herum greifen.

Dreht man mittelst der Kurbel die Glasscheibe herum, so wird dadurch das mit Amalgam überzogene Lederkissen $+ E$ elektrisch. Nach einer Viertelumdrehung gelangt aber immer eine oben zwischen den Kissen hervortretende Stelle der Scheibe zu den Backen. Die $- E$ wird angezogen und strömt auf das Glas über, um es wieder in den gewöhnlichen Zustand zu versetzen, d. h. seine $+ E$ mehr oder weniger vollständig zu neutralisiren. Auf dem Conductor bleibt $+ E$.

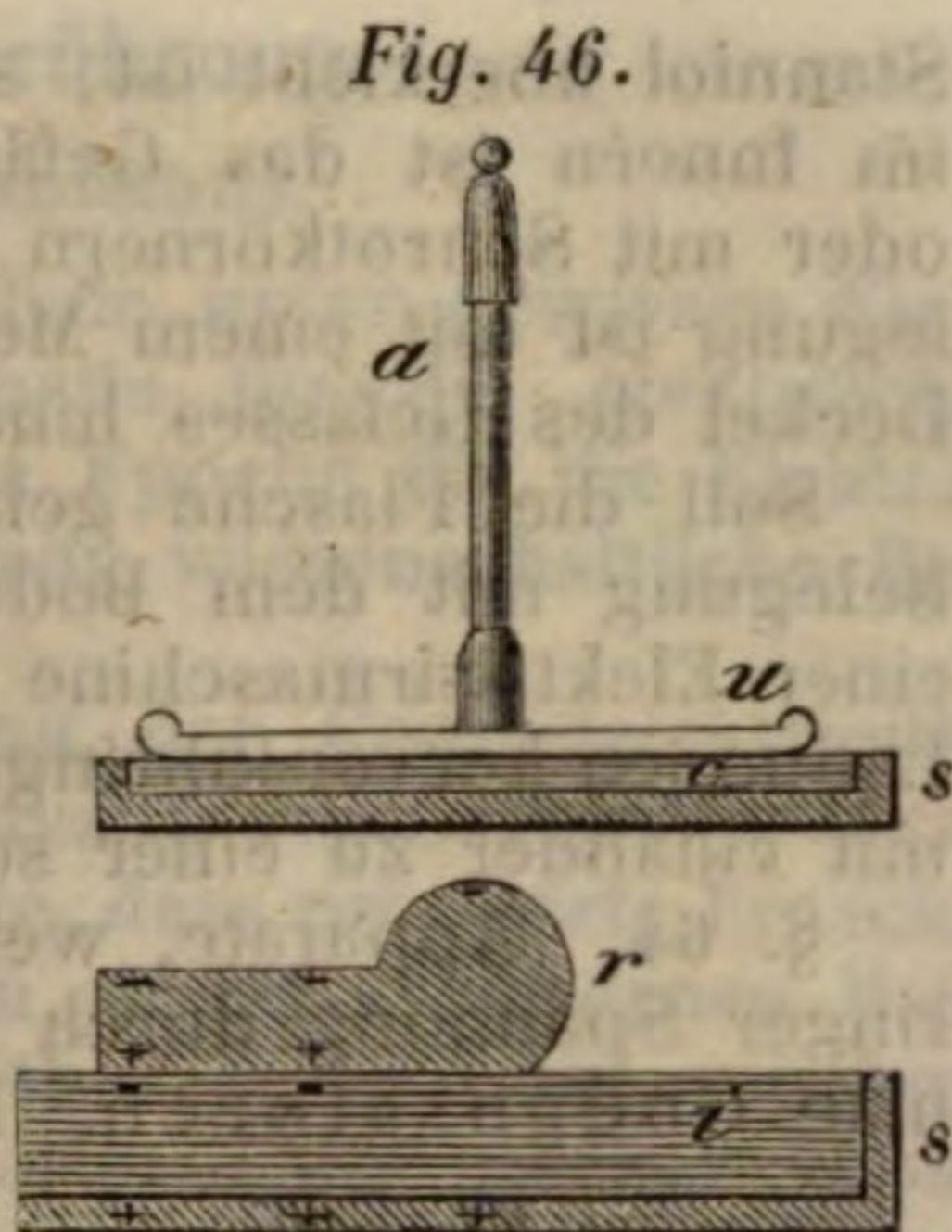
Damit sich aber auf dem Wege von dem Reibzeuge bis zu den Backen die Elektricität des Glases nicht so leicht in die Luft verliere, ist hier die Scheibe auf beiden Seiten mit Stücken Wachstaffent behängt. Soll die Maschine kräftig wirken, so müssen unmittelbar vor dem Gebrauche die Glasfüsse und die Scheibe mit warmen wollenen Tüchern gerieben werden.

Die $- E$ des Reibzeuges strömt in den Boden über, welches nothwendig ist, denn bliebe sie auf dem Kissen, so würde eine ausserordentlich grosse Spannung entstehen. Nähert man dem Conductor einen Metallstab oder die Knöchel eines Fingers, so wird man, indem die freie Elektricität überspringt, die schöne aber merkwürdige Erscheinung des elektrischen Funkens auf eine sehr glänzende Weise wahrnehmen.

Fig. 45.



welcher auf einem metallenen Teller *s* gelegt ist, und einem metallenen Deckel *u* mit isolirter Handhabe *a* (Fig. 46). Auf diesen Harzkuchen, welcher zuvor durch Schlagen mit einem Fuchsschwanz oder einem Katzenpelz negativ elektrisch gemacht worden ist, setzt man den Deckel mit der isolirenden Handhabe. Die negative Elektricität des Harzkuchens wirkt nun vertheilend auf die bis dahin noch verbundenen Elektricitäten im Deckel; die $+E$ wird angezogen, die $-E$ abgestossen, die erstere wird sich deshalb im unteren und letztere im oberen Theile des Deckels befinden. Die $+E$ der untern Fläche ist aber bei weitem nicht so entwickelt, wie die $-E$ auf der obern, weshalb sich $+E$ der unteren Fläche nicht nachweisen lässt, so lange $-E$ auf der anderen nicht vollständig beschäftigt ist. Ein gutes Elektroskop wird hiervon überzeugen.

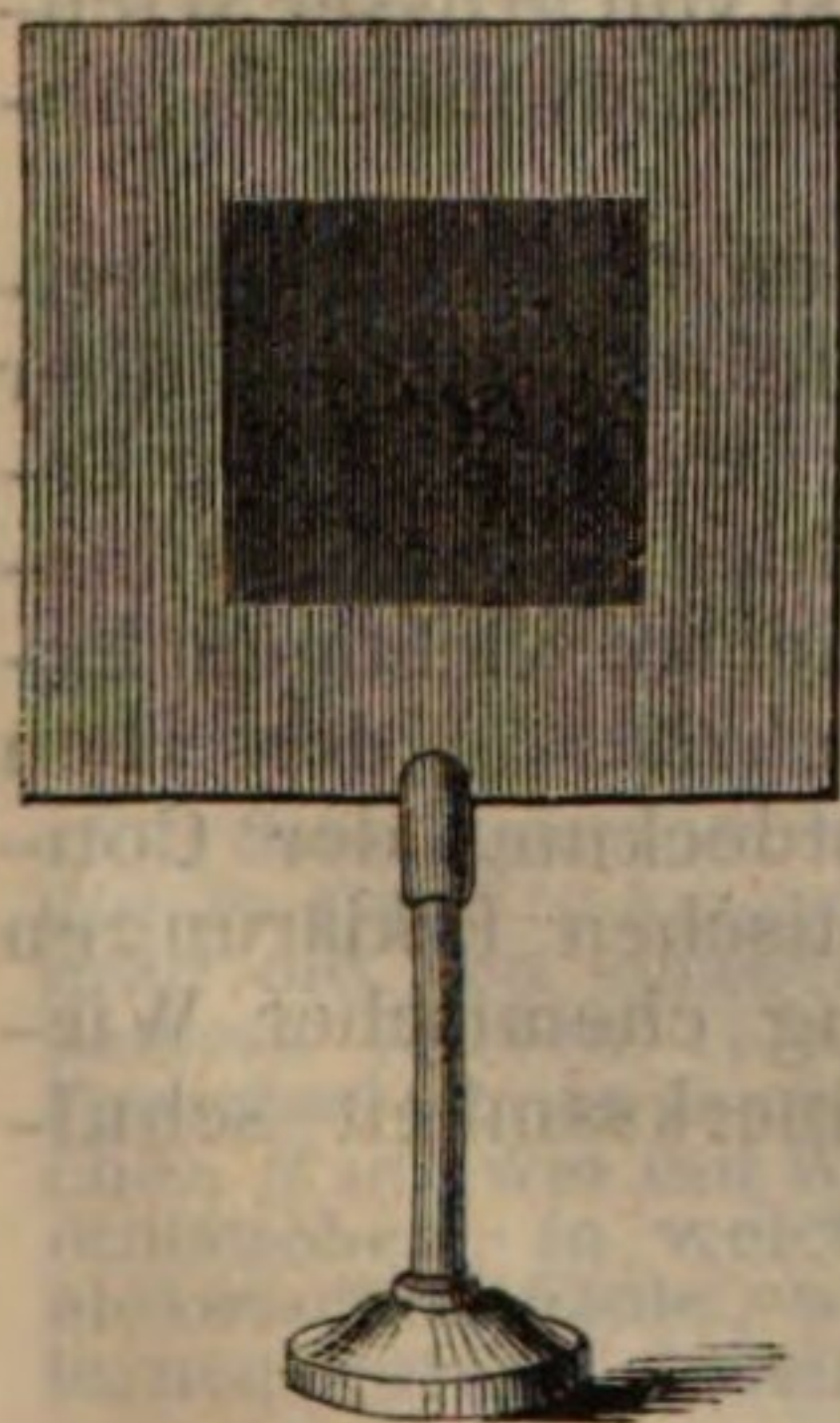


§. 63. Mit Hülfe gewisser Apparate ist man im Stande, eine grössere Menge von Elektricität anzuhäufen, ohne dass dadurch der Intensität der Elektricität ein Nachtheil widerfährt; die Elektricität wird gebunden und zwar sehr vollständig, wenn die beiden Elektricitäten durch einen guten Isolator, z. B. durch Harz und Glas, getrennt sind.

Ein solcher Apparat ist die Franklin'sche Tafel, welche vorzugsweise zur Bindung der Elektricität gut geeignet ist.

Diese Tafel ist von Glas (Fig. 47) und in der Mitte so weit mit Stanniol beklebt, dass nur ein etwa 4 bis 2 Zoll breiter Theil frei bleibt. Wird nun die vordere Belegung der Tafel mit positiver und die hintere mit negativer geladen, so ziehen sich beide gegenseitig an und es findet eine vollständige Bindung statt.

Fig. 47.

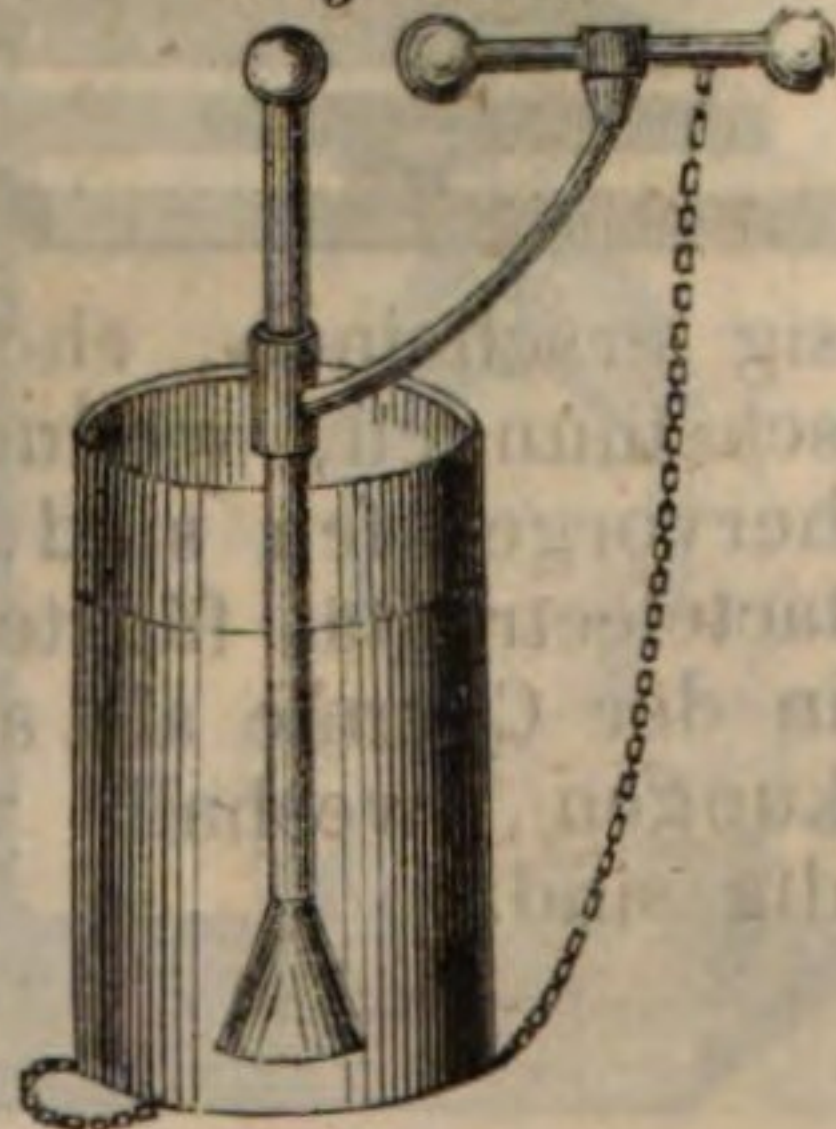


Ein anderer zur Verstärkung der Elektricität dienender Apparat ist die sogenannte Leydner Flasche; dieselbe besteht aus einem Glasgefäss (Fig. 48 a, b), welches aussen mit

Fig. 48 a.



Fig. 48 b.

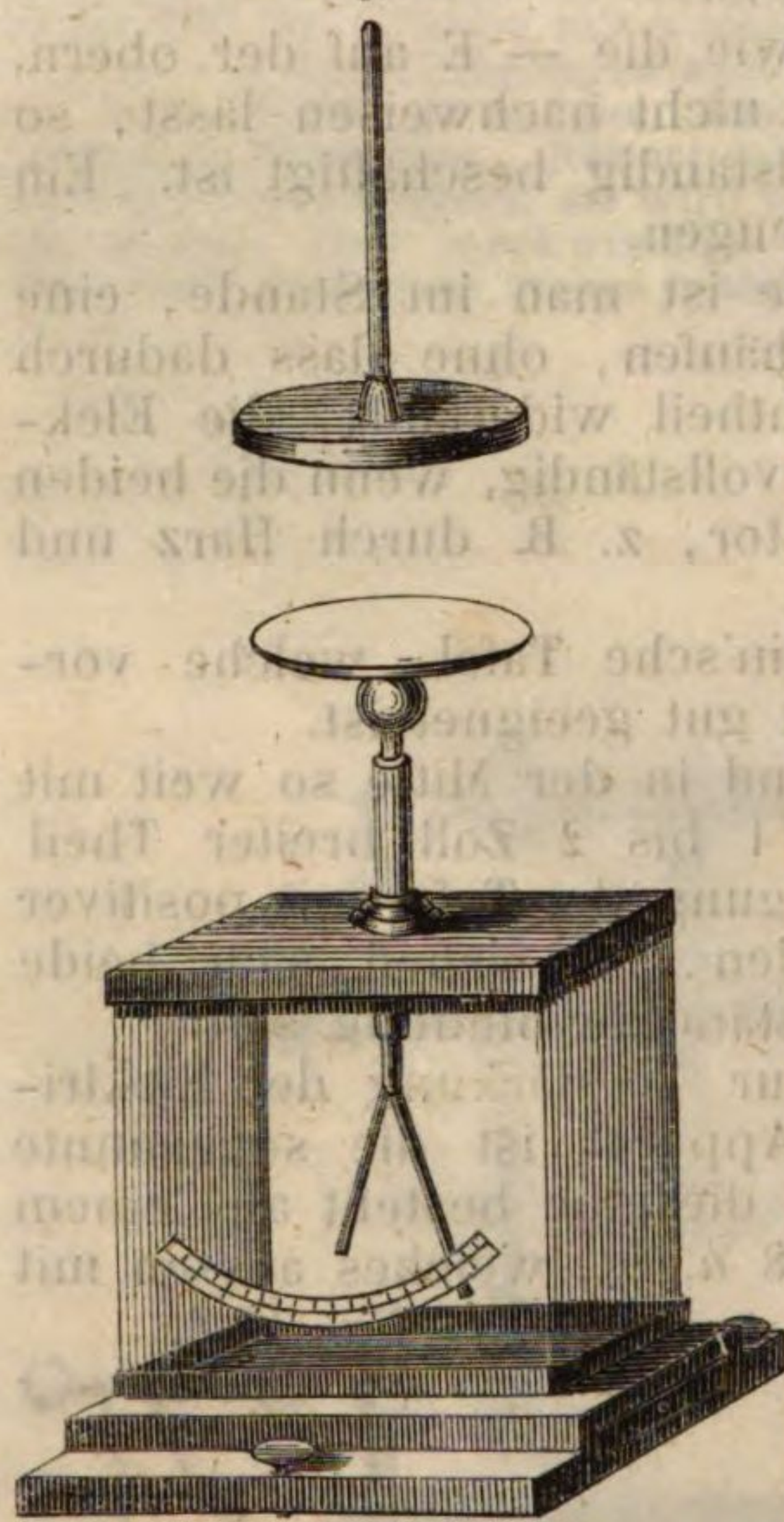


Stanniol überklebt ist, so dass am Rande einige Zoll frei bleiben; im Innern ist das Gefäss ebenfalls mit einer Belegung versehen oder mit Schrotkörnern oder Eisenfeile angefüllt. Die innere Belegung ist mit einem Messingstab verbunden, welcher durch den Deckel des Gefässes hindurchgeht.

Soll die Flasche geladen werden, so bringt man die äussere Belegung mit dem Boden, den Messingstab mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine in leitende Verbindung. Um recht starke Ladungen hervorzubringen, verbindet man mehrere solche Flaschen mit einander zu einer sogenannten electrischen Batterie.

§. 64. Apparate, welche dazu dienen, Elektricität von sehr geringer Spannung durch Verdichtung bemerkbar zu machen, nennt man Codensatoren. Einer der vollkommensten ist der mit dem

Fig. 49.



Goldblattelektrometer in Verbindung gebrachte. Auf ein Goldblattelektrometer (Fig. 49) wird eine oben abgeschliffene und mit einer dünnen Schicht von Firniss versehene Metallplatte aufgeschraubt. Eine zweite mit einem isolirenden Stiel versehene Platte, welche auf dieselbe Weise zubereitet ist, wird nun auf die andere gesetzt, so dass beide nur durch die Firnissschicht getrennt sind. Auch hier ist wegen der dünnen isolirenden Schicht und der einander so nahe gelegenen Platten eine vollständige Bindung möglich.

Ist dem Condensator Elektricität hinzugeführt und man hebt die obere Platte, so wird die bis dahin gebundene Elektricität der untern Platte frei und bewirkt eine Divergenz der Goldblättchen.

Dieser Apparat ist von grosser Wichtigkeit, weil er beim Galvanismus Anwendung findet.

So viel möge nun für die allgemeinen Begriffe von Elektricität und über die wichtigsten und gewöhnlichsten Erzeugungsapparate hier nicht überflüssig erscheinen, ehe wir zu den für die Chemie so wichtigen Erscheinungen, wodurch die glänzendsten Fortschritte in derselben hervorgerufen sind, übergehen, denn die Entdeckung der Contactelectricität führte sowohl zu neuen theoretischen Erklärungen in der Chemie als auch direct zur Hervorrufung chemischer Wirkungen, weshalb wir derselben genaue Aufmerksamkeit schuldig sind.

Elektricität durch Berührung.

Contactelektricität. Galvanismus.

§. 65. Durch den Contact zweier Metalle unter gewissen Einflüssen erkannte man eine mächtige Quelle für die elektrische Kraft; diese Entdeckung bildete eine neue Epoche für die Elektricitätslehre und verlieh derselben eine streng wissenschaftliche Berücksichtigung in der Chemie.

Die erste Veranlassung zur Entdeckung der Contactelektricität gab zu Ende des vorigen Jahrhunderts Galvani, ein berühmter Arzt in Bologna, indem er ganz zufällig bemerkte, dass präparirte Froschenkel, welche mittelst kupferner Haken an einem eisernen Halter aufgehängt waren, in Zuckungen geriethen, sobald sie mit dem Eisen in Berührung kamen. Er verfiel sehr bald auf die Idee, dass hier Elektricität die Ursache dieser Zuckungen sein müsse, da er ähnliche Zuckungen schon früher wahrgenommen hatte, als er Maschinenelektricität durch die Nerven eines eben getödteten Frosches hindurchgehen liess.

Galvani's Entdeckung verbreitete sich sehr schnell, und weil sie so grosses Aufsehen erregte, nannte man seine hypothetische Ansicht, dass nämlich der thierische Körper die Quelle dieser Elektricität sei, nach seinem Namen Galvanismus.

Durch die vielen Bemühungen sämtlicher Gelehrten, über diese Entdeckung mehr Licht zu bekommen, gelang es Alexander Volta, nach genauen Beobachtungen zu beweisen, dass die Elektricität von der Berührung zweier Metalle herührt, wozu die Nerven des Frosches als directer Leiter dienen.

Volta stellte nämlich den Versuch an, dass er (Fig. 50 a) einen Leitungshogen von Zink und ebenfalls einen von Kupfer mit einander verband und beide mit dem Froschenkel in Berührung brachte, wobei vor allen Dingen nothwendig ist, dass diese Metallstreifen an ihren Berührungspunkten eine vollkommen metallische Oberfläche haben.*) Volta schloss aus seinen Versuchen, dass die hier wirkende

Fig. 50 a.

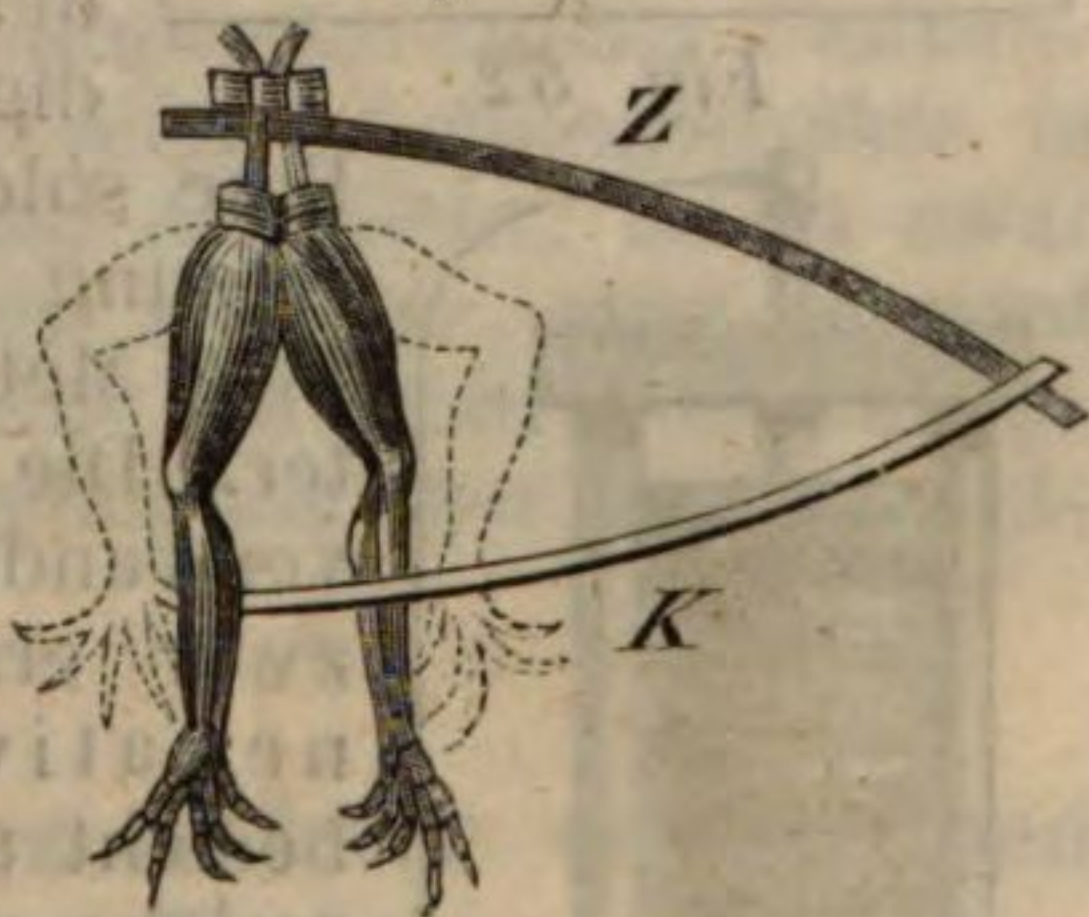
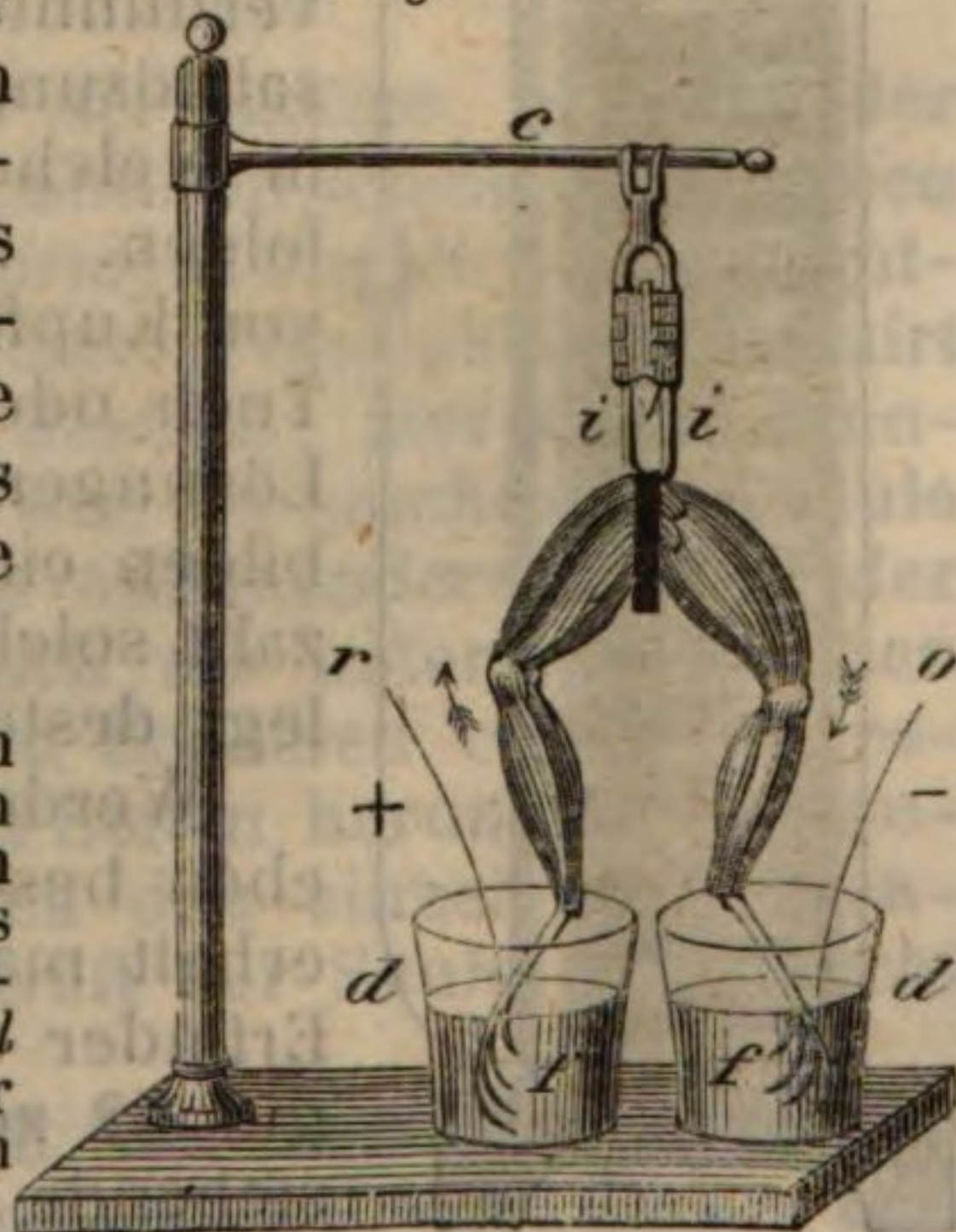


Fig. 50 b.



*) Sehr instructiv wird dieser Versuch durch die in Figur 50 b gegebene Abbildung, indem man die von einander getrennten, jedes an seinem Nerven *ii* hängenden, Beine eines Frosches so an *c* aufhängt, dass ihre Füßchen *ff* in zwei mit Wasser gefüllte Gefäße *dd* eintauchen, in welche die Poldrähte *ro* einer elektrischen Säule, wie wir sie später kennen lernen werden, hineinragen.

Flüssigkeit weder in den Nerven noch in den Muskeln des Frosches, sondern durch den Contact beider Metalle entwickelt werde, und dass sie dem gewöhnlichen elektrischen Fluidum vollkommen gleiche.

Volta bewies dies durch das Goldblattelektrometer mit aufgeschraubten Condensator, indem die Berührung desselben mit Zink eine merkliche Divergenz der Goldblättchen hervorbrachte. Noch mehr bestätigte Volta die Elektrizitätserregung durch Contact dadurch, dass er zwei Metallplatten, die eine von Zink, die andere von Kupfer, zusammenlöthete. Wird nämlich das Zinkende in die Hand genommen, so dass die untere Platte des Condensators mit dem Kupfer in Berührung kommt und die obere Platte mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt wird, so werden die Goldblättchen ebenfalls divergiren. Die hier an den Berührungstellen dieser beiden heterogenen Metallkörper wirkende Kraft hat den

Fig. 51.

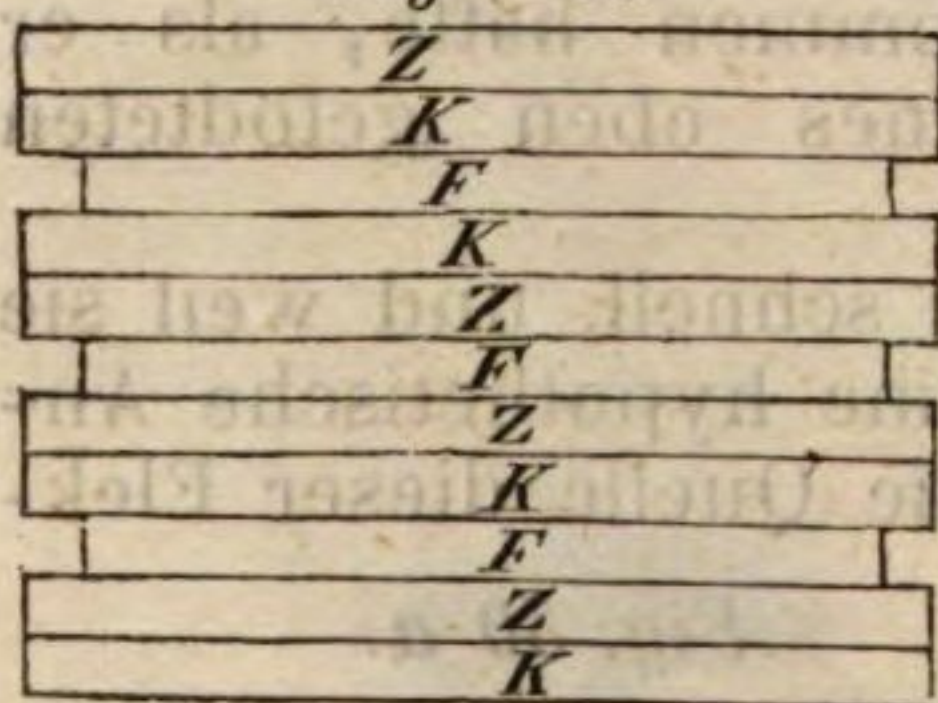
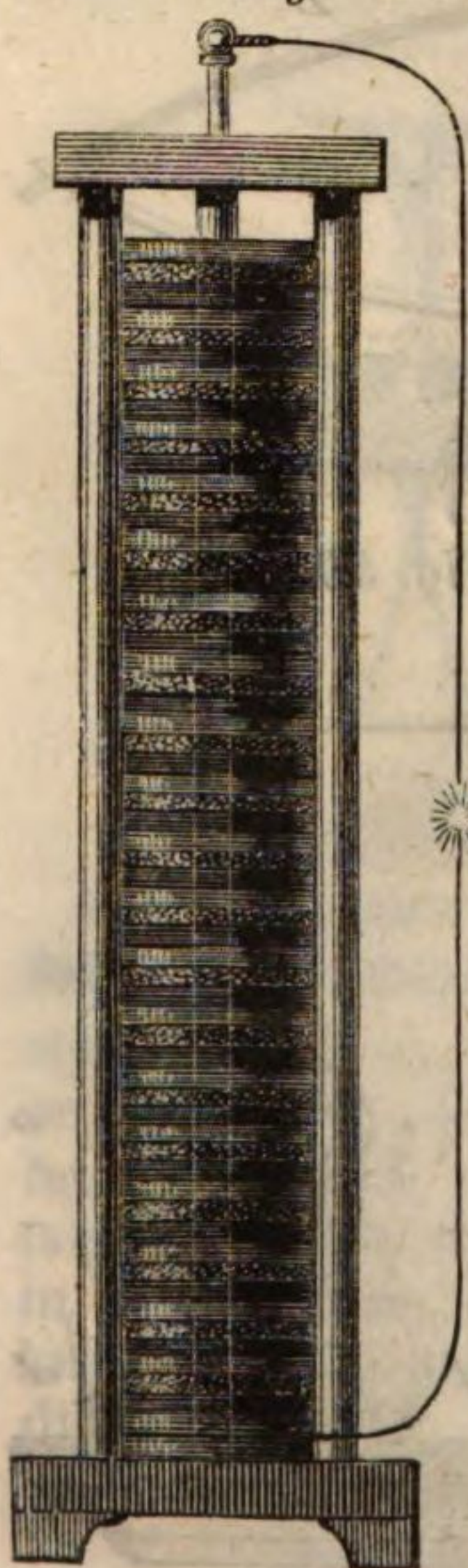


Fig. 52.



Namen elektromotorische Kraft erhalten, da Volta die Metalle selbst Elektromotoren nannte.

§. 66. Durch weitere Verfolgung seiner Versuche kam Volta, indem er nun sicher schloss, dass die Elektrizitätserregung von der Berührung der Metalle herkomme, zur Construction der elektrischen Säule, durch deren genaueres Studium höchst merkwürdige Erscheinungen hervorgerufen wurden.

Eine solche Säule verlangt zu ihrer Zusammensetzung drei verschiedene Elemente, und zwar zwei Metalle und einen sogenannten feuchten Leiter. Die beiden Metalle, welche dazu gewöhnlich verwandt werden, sind Zink und Kupfer, und zwar ersteres als positives und letzteres als negatives Element; der feuchte Leiter dagegen besteht aus einer Scheibe von Tuch oder Pappe, welche mit der Lösung eines Alkalis oder einer verdünnten Säure oder auch wohl einer Kochsalzlösung getränkt wird. Figur 51 zeigt uns, in welcher Ordnung diese Elemente auf einander folgen. Z ist eine Platte von Zink, K eine Platte von Kupfer und F eine gleichförmige Scheibe von Tuch oder Pappe mit einer der oben genannten Lösungen getränkt; die drei Elemente zusammen bilden ein sogenanntes Paar; je grösser die Anzahl solcher Paare ist, welche man zusammenlegt desto stärker sind die elektrischen Wirkungen.

Werden etwa 20 bis 400 solcher Paare nach eben beschriebener Ordnung zusammengelegt, so erhält man ein Arrangement, welches nach dem Erfinder die Volta'sche Säule genannt wird. Figur 52 zeigt uns eine solche aus 20 Paaren bestehende Volta'sche Säule, deren Fussgestell

aus Holz und deren Seitenstäbe aus Glas bestehen. Das eine Ende der Säule, welches mit einer Zinkplatte endigt, pflegt das Zinkende oder der positive Pol, das andere, welches mit einer Kupferplatte endigt, das Kupferende oder der negative Pol genannt zu werden. Setzt man nun diese so angeordneten Systeme mit dem Boden in leitende Verbindung, so wird eine Vertheilung durch die elektromotorische Kraft der Elektricität stattfinden und zwar wird das Zink positiv und das Kupfer negativ elektrisch, wobei aber freie positive Elektricität auf dem Zink bleibt und die freie negative Elektricität des Kupfers in den Boden überströmt.

Wenn man nun dem Zink einen Theil seiner freien Elektricität entzieht, so wird dieser Verlust, welcher dem Zink an $+E$ zu Theil wird, durch die elektromotorische Kraft ersetzt werden, während eine dieser neu entwickelten Elektricität gleiche Menge $-E$ auf die Kupferplatte und von dieser auf den Boden übergeht, so dass eine fortwährende Thätigkeit der elektromotorischen Kraft stattfindet, wovon man sich leicht durch den Condensator überzeugen kann; denn die freien Elektricitäten theilen sich dem ihnen nahe liegenden Systeme mit und pflanzen sich so bis an die Pole fort, wodurch dann eine fortgesetzte Bewegung entsteht, welche man den elektrischen Strom nennt. Ist die Säule ohne Ableitung, so wird, wenn man die beiden Leitungsdrähte bis auf eine kleine Entfernung nähert, ein ununterbrochener Funkenstrom stattfinden. Bringt man aber die beiden Leitungsdrähte in unmittelbare Berührung oder schliesst man die Kette, so ist zwar das Ueberspringen der Funken nicht mehr sichtbar, aber es wird in allen Theilen der Schliessungsdrähte eine fortwährende Thätigkeit durch das Streben nach Wiedervereinigung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten stattfinden.

Ueber die Construction verschiedener anderer elektrischen Säulen oder galvanischen Ketten.

§. 67. Die Voltaische Säule ist nicht der einzige, obgleich der erste Apparat zur Hervorbringung eines continuirlichen elektrischen Stromes, sondern man hat noch andere Formen, obgleich sie sämmtlich gewöhnlich aus zwei Metallen und einer Flüssigkeit construiert sind. Um so nothwendiger ist es aber deshalb, hier die bekanntesten verschiedenen Formen anzuführen, weil die beschriebene Säule manche Uebelstände hat, denn durch das Aufeinanderschichten der Menge von Plattenpaaren werden natürlich die unteren derselben zusammengedrückt, so dass die feuchten Scheiben eine Auspressung erleiden und die Flüssigkeit an den Seiten herunterläuft, wodurch eine leitende Verbindung zwischen den einzelnen Plattenpaaren hervorgerufen und folglich die Kraft der Säule geschwächt wird.

Eine andere elektrische Säule ist z. B. der sogenannte Trogapparat, dessen Elemente aus zusammengelötheten Zink- und

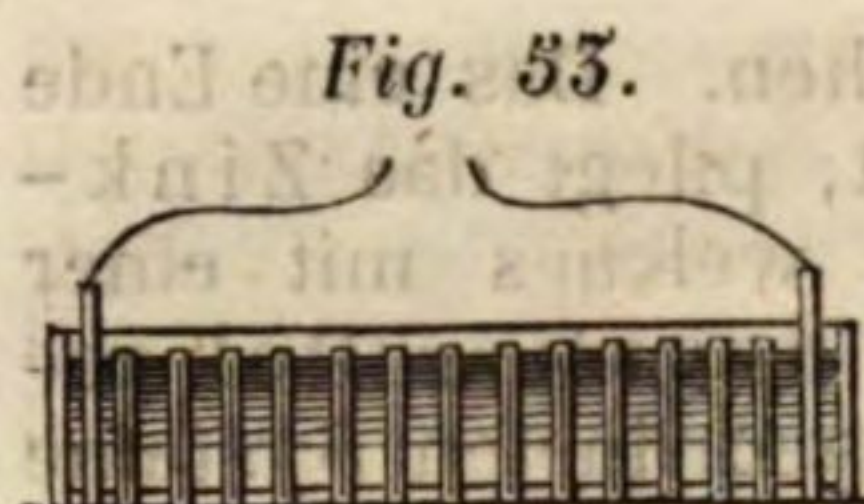
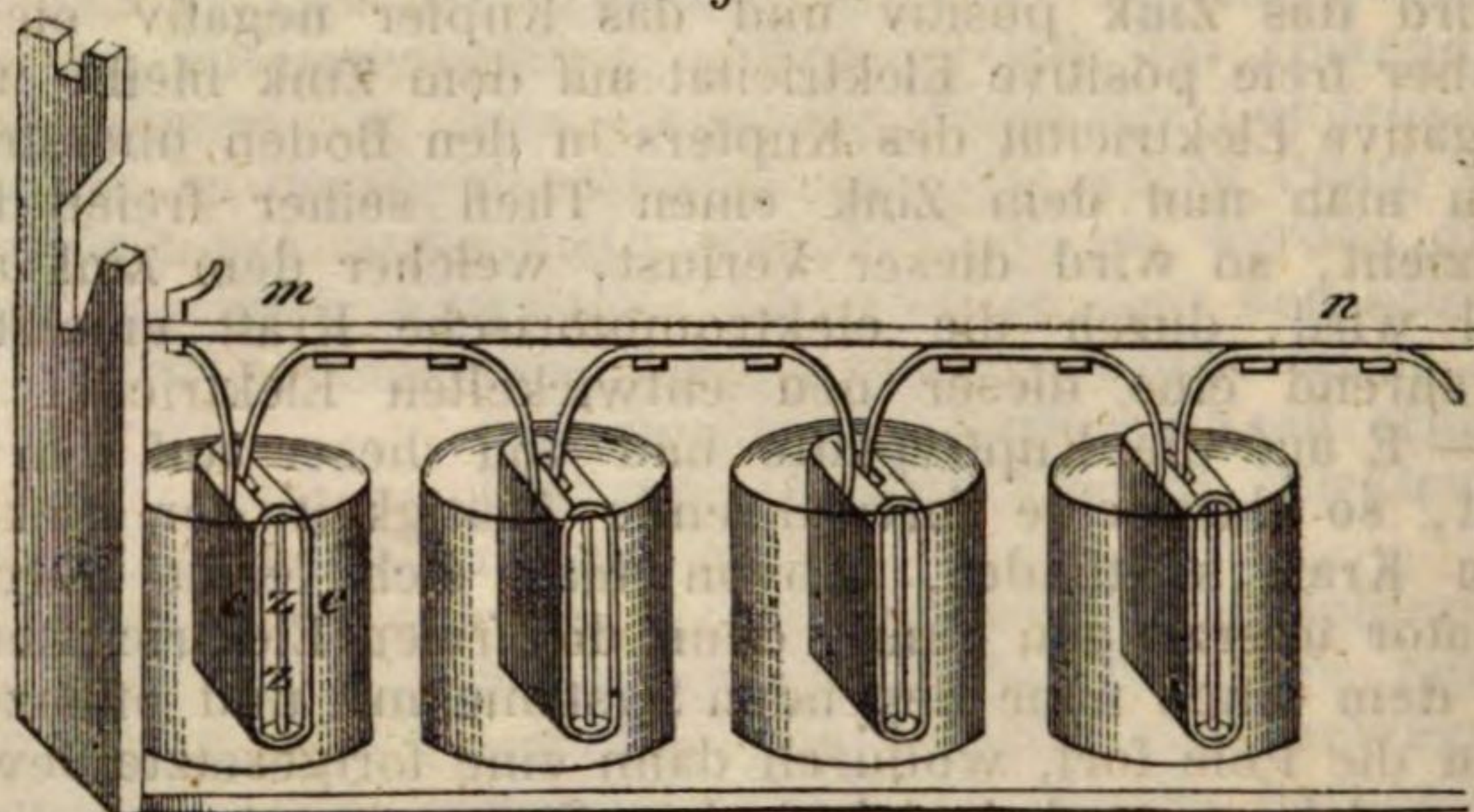


Fig. 53.

Kupferplatten bestehen, welche in einen Kasten von Holz, der im Innern mit einer Harzschicht überzogen und mit angesäuertem Wasser angefüllt ist, eintauchen. Figur 53 zeigt uns eine Abbildung von diesem früher benutzten Apparate. Figur 54 giebt uns die

Fig. 54.



sogenannte Wollaston'sche Batterie, deren Construction sehr einfach ist, denn die sämtlichen Kupfer- und Zinkplattenpaare sind an einer Leiste *mn* befestigt, so dass man sie nach Belieben in die Flüssigkeit eintauchen und wieder herausnehmen kann.

Unter den gegenwärtig gebräuchlichsten Apparaten haben wir unter andern die constante Kette von Daniel zu erwähnen. Sie ist eine Modification der Becquerel'schen*) Kette und besteht in ihren einzelnen Theilen aus einem Cylinder *orp* (Fig. 55) von Kupfer, einem



Fig. 55.

porösen Thoncylinder *tot* und einem amalgamirten Zinkstreifen *z*, welcher sich in dem Thoncylinder befindet. Letzterer ist mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt und der Kupfercylinder enthält eine Lösung von Kupfervitriol (schwefelsaurem Kupferoxyd) in Wasser. Es sind also diese beiden Flüssigkeiten durch eine Scheidewand, nämlich durch die Thonmasse, getrennt, um sich nicht mischen zu können; ihre gegenseitige Berührung findet aber dennoch durch die Porosität der Thonmasse in entsprechendem Grade statt, so dass während der Circulation des Stromes (bei geschlossener Kette) die in Folge des sich abscheidenden metallischen Kupfers frei gewordene Schwefelsäure endosmotisch durch den Thoncylinder dringen kann, um neu gebildetes Zinkoxyd, nachdem die in dem Cylinder befindliche Schwefelsäure gesättigt ist, aufzulösen. Dieses Durchdringen der entbundenen Schwefelsäure und die dadurch hervorgerufene Lösung des Zinkoxyds sind

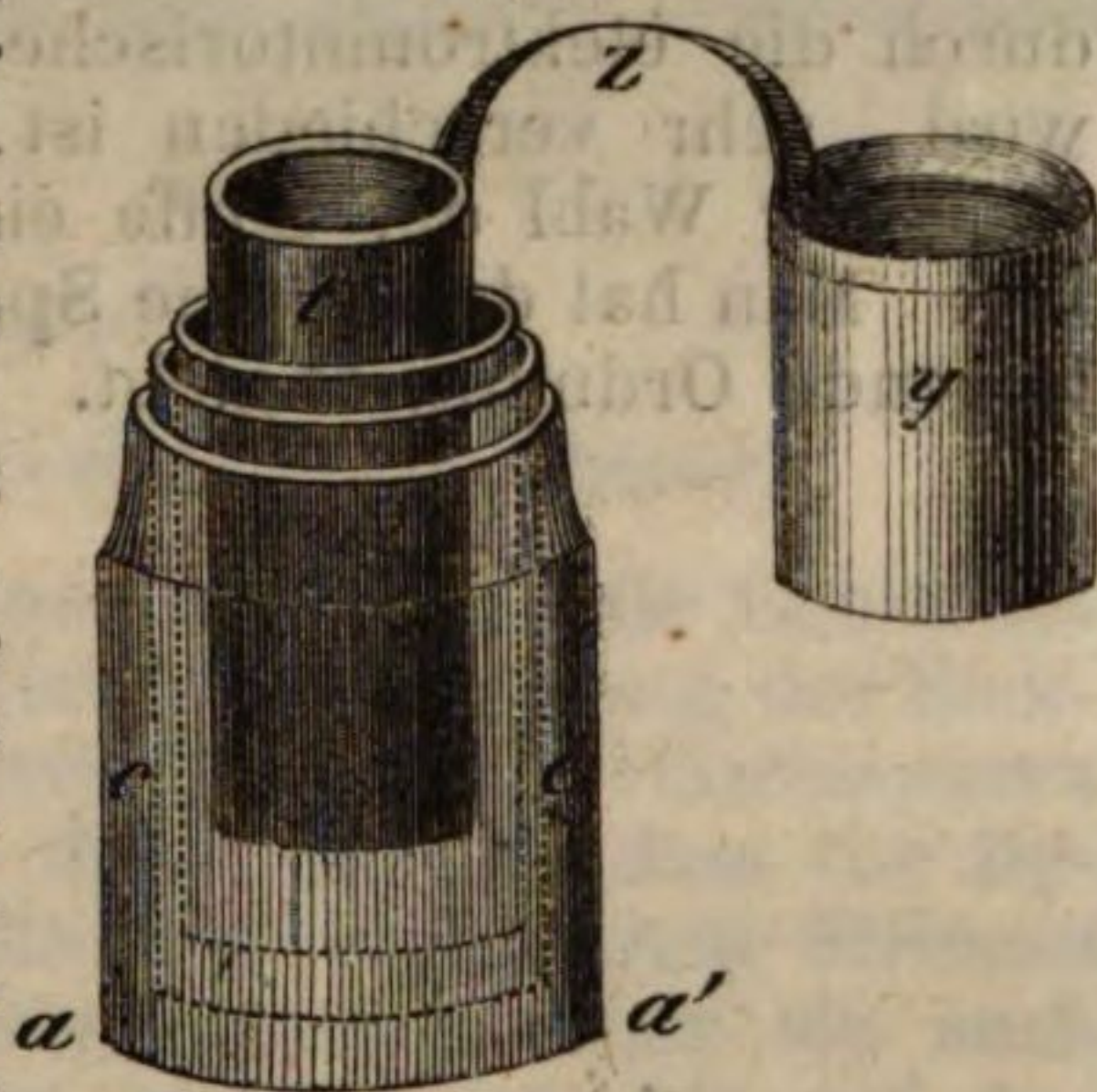
eines Theils die Bedingnisse für die constante Wirkung der Kette;

*) Becquerel war nämlich der Erfinder der constanten Ketten.

andern Theils aber trägt auch namentlich das durch den frei gewordenen Sauerstoff des Kupferoxyds und durch die Wirkung des Stromes entbundenen Wasserstoff gebildete Wasser dazu bei, indem dasselbe wieder einen Theil des in dem Säckchen *c* befindlichen Kupfervitriols auflöst.

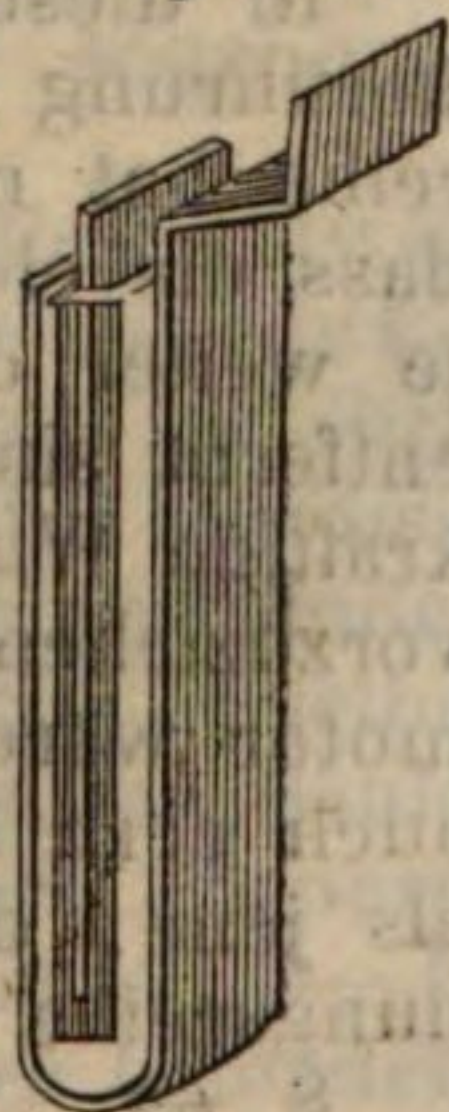
Vorzugsweise ist aber die Zink-Kohlenbatterie von Bunsen zu empfehlen, da sie eine kräftige Wirkung zeigt und mit geringen Kosten hergestellt werden kann. Die Construction dieser Batterie besteht darin, dass man einen hohlen Cylinder *cc*, aus Kohle und Sand geformt, in ein Glasgefäss *aa'* stellt und in dasselbe fest hineinpasst. In die Höhlung des Kohlencylinders wird ein hohler, unten verschlossener Thoncylinder *t* gebracht und zwar von der Grösse, dass nur ein kleiner Zwischenraum zwischen beiden Cylindern bleibt. Die Thonzelle wird mit verdünnter Schwefelsäure und das Glas mit Salpetersäure gefüllt. Auf dem obern Ende des Kohlencylinders befindet sich ein Ring von Zink mit einem Zinkbügel *z*, der den Kohlencylinder mit einem hohlen Zinkcylinder *y* verbindet, welcher in die mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Thonzelle des folgenden Glases hineinhängt. In Figur 56 sehen wir einen so eben beschriebenen Apparat oder einen sogenannten Zink-Kohlenapparat (von Bunsen) deren man eine beliebige Anzahl, in der Regel 4 oder 6, mit einander verbinden kann.

Fig. 56.



Eine andere sehr interessante galvanische Kette von ganz vortrefflicher Wirksamkeit ist die Grove'sche Batterie, deren Elemente aus Zink und Platina construiert sind. Durch Zusammenstellung solcher Elemente erhält man die in Figur 57 abgebildete Gestalt. Ein Porcellankasten ist durch mehrere Scheidewände in Zellen eingetheilt, in welchem sich umgebogene Zinkplatten befinden, die wieder Thonzellen mit Platinblechen enthalten. Die Zinkzellen werden mit verdünnter Schwefelsäure und die Platinzellen mit reiner Salpetersäure gefüllt. Will man nun die elektrische Vertheilung weiter leiten, so braucht man nur an der Platinzelle und an den Zinkpol Drähte zu schrauben. Obgleich die kräftige Wirksamkeit dieser Batterie nicht zu läugnen ist, so steht sie doch, wegen des grössern Kostenaufwandes, für den gewöhnlichen Gebrauch der Bunsen'schen Batterie bedeutend nach.

Fig. 57.



Endlich mag noch Erwähnung finden, dass Wöhler, um eine galvanische Kette zu construiren, blankes Eisenblech anwandte, indem er zwei oben und unten offene Cylinder aus demselben bil-

dete. Der eine derselben ist weiter als der andere, und beide sind mit einander durch einen Bügel verbunden. Der weitere Cylinder wird in einen mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Becher gebracht; in dieselbe taucht ein irdener Cylinder, der mit concentrirter Salpetersäure gefüllt ist, welche den engern Cylinder aufnimmt. Das Eisen in der Schwefelsäure vertritt die Wirkung des Zinks und das in der Salpetersäure die des Platins.

§. 68. Der elektrische Zustand, welcher durch Contact erzeugt wird, hängt hauptsächlich von der Wahl der Stoffe ab, die man für den Contact benutzt; wir haben gesehen, dass Kupfer in Berührung mit Zink negativ elektrisch wird, während es in Berührung mit Platin positive Elektricität annimmt; dagegen wird Zink in Berührung mit Platin stärker positiv elektrisch als in Berührung mit Kupfer. Hieraus folgt, dass die elektrische Spannung, welche durch die elektromotorische Kraft der Metallkörper hervorgerufen wird, sehr verschieden ist, oder die elektrische Differenz ist je nach der Wahl der Stoffe eine andere, und schwächer oder stärker. Man hat daher eine Spannungsreihe aufgefunden, wie sie uns folgende Ordnung angiebt.

+

Zink
Blei
Zinn
Eisen
Kupfer
Silber
Gold
Platin
Kohle

—

In dieser Spannungsreihe wird jeder vorangehende Körper in Berührung mit allen folgenden positiv elektrisch. Die Spannungsreihe hat nämlich in so fern Bedeutung, da man gefunden hat, dass die elektromotorische Thätigkeit um so stärker geweckt wird, je weiter die Elektromotoren in der Spannungsreihe von einander entfernt sind. Daher kommt es, dass Zink und Platin eine so kräftige Wirksamkeit zeigen und der Wahl von Zink und Kupfer vorzuziehen sein würden, wenn letzteres nicht ein billigerer Elektromotor wäre als das Platin, obgleich man, wie wir gesehen haben, auch gern Kupfer und Zink nimmt, da sie, wenn auch nicht so weit als jene, doch schon ziemlich weit von einander in der Spannungsreihe entfernt sind.

§. 69. Wir lernten hier verschiedene Formen der gebräuchlichsten elektrischen Säulen kennen; wir wollen nun noch einige Bemerkungen hinzufügen, ehe wir zur eigentlichen Theorie übergehen.

Werfen wir einen Blick auf die Elektricität selbst und vergleichen sie mit der, welche durch die Elektrisirmaschine entwickelt wird, so müssen wir uns gestehen, dass die galvanische und Maschinen-elektricität sich durchaus nicht von einander unterscheiden, nur ist

die Elektricität des Galvanismus fortwährend in Bewegung, während die der Maschine sich in Ruhe befindet. Fragen wir uns ferner, wovon die Kraft des galvanischen Stromes abhängt, und welche Umstände darauf einwirken, so müssen, wie wir gesehen haben, vor Allem zwei Elektromotoren der Spannungsreihe mit einander in Verbindung gebracht werden, wozu dann noch Flüssigkeiten gehören. Diese bieten aber, da sie bekanntlich schlechte Leiter sind, einen gewissen Widerstand, welcher von der Spannung überwunden werden muss; mithin wird auch bei einer grösseren Anzahl von Plattenpaaren der Widerstand grösser sein. Daher kommt es, dass, wenn die Kette vollkommen geschlossen ist, die Vermehrung der Plattenpaare nichts zur Vermehrung der Quantität der circulirenden Elektricität beiträgt; bei unvollkommener Schliessung aber tritt eine grössere Spannung ein, wenn man mehrere Plattenpaare anwendet.

Theorie der elektrischen Säule.

Contact-Theorie und chemisch-elektrische Theorie.

§. 70. Wir haben in unserm Raisonement über die Construction der verschiedenen galvanischen Ketten die Erregung der Elektricität als eine Folge des Contacts verschiedener Elektromotoren betrachtet; und das mit Recht. Denn diese Ansicht, dass die Berührung zweier Metalle als eine Quelle des elektrischen Stromes angesehen werden darf, hat, trotz ihrer Gegner, wenn sie auch seit Volta's Zeiten einige Modificationen erlitten hat, bis auf den heutigen Tag einen siegreichen Standpunkt behauptet. Diese sogenannte Contact-Theorie wurde am eifrigsten von Berzelius, Davy, Pfaff, Fechner vertheidigt und ist in ihrer Hauptgrundlage von den meisten deutschen Naturforschern angenommen worden.

Beleuchten wir nun die Hauptmomente dieser Hypothese etwas genauer, ehe wir zu der ihr entgegnetretenden chemisch-elektrischen Theorie übergehen, so müssen wir zunächst als ihre Basis hervorheben, dass, wenn zwei Leiter der Elektricität sich berühren, sich an ihren Berührungstellen eine eigenthümlich erregende, die sogenannte elektromotorische Kraft äussert. Durch dieselbe wird, wie schon früher bei der Construction der Volta'schen Säule erwähnt wurde, das Gleichgewicht auf beiden elektrischen Körpern gestört, indem sich auf dem einen $+E$ und auf dem andern $-E$ ansammelt; aber beide Principe können, ungeachtet ihrer leitenden Eigenschaft, ohne ihr Bestreben, einander anzuziehen, zu verlieren, nicht zu einander übertreten. Indessen geht dieses Verhalten nicht über eine bestimmte Grenze hinaus, und auch die elektromotorische Kraft kann eine bestimmte Grenze nicht überschreiten.

Berzelius verglich den Zustand der elektrischen Vertheilung in einer galvanischen Säule einem polarischen, da sich an den beiden Endpunkten, den Polen, die freien Elektricitäten am stärksten an-

sammeln und nach der Mitte zu, der Indifferenzebene, abnehmen; er verglich die beiden Elektricitäten nämlich mit der anziehenden und abstossenden Kraft in einem Magnet, und wendete diesen Begriff der Polarität auf die elektrischen Phänomene an. Nach dieser Ansicht ist jede Metallplatte, wenn man ein Plattenpaar von einander trennt, polarisch.

Die Contact-Theorie nimmt ferner eine der Erregung der Elektricität vorausgehende chemische Aenderung an den Erregungsflächen nicht als nothwendig an, und eben so wenig eine chemische Aenderung als unmittelbare Folge der erregten Elektricität, woraus hervorgeht, dass dieselbe wieder erneuert werden kann, so dass man im Stande ist, durch dasselbe Plattenpaar, nachdem es getrennt und entladen worden ist, wieder von Neuem Elektricität zu erregen.

Ferner ist die dieser Theorie angehörende Spannungsreihe chemisch einfacher Stoffe wesentlich, deren Charakteristik sich dahin ausspricht, dass man das Kalium als das obere oder positive Ende und den Sauerstoff als das untere oder negative Ende betrachtet, und dass namentlich irgend ein Körper dieser Spannungsreihe, mit dem in der Reihe ihm vorangehenden in Berührung gebracht, $-E$, und mit den ihm nachfolgenden $+E$ annimmt. Jedoch bezieht sich diese Spannungsreihe nicht allein auf die einfachen Stoffe, sondern man könnte auch manche zusammengesetzte Verbindungen darin aufnehmen.

Da durch die Regsamkeit der elektromotorischen Kraft die von den Berührungstellen abfliessende Elektricität stets wieder erneuert werden kann, so findet in der geschlossenen Kette ein fortdauernder elektrischer Strom statt.

Die chemisch-elektrische Theorie betrachtet die galvanischen Erscheinungen als Folge eines chemischen Processes, während jene erste Hypothese eine chemische Thätigkeit nicht als Ursache annimmt, und sogar diese nicht einmal, wenn auch als eine gewöhnliche, doch nicht nothwendige Begleiterin des elektrischen Stromes ansieht.

Schon bald nach Volta's Entdeckung glaubte man, dass die Erregung der Elektricität nicht die Folge der an den Berührungspunkten wirksamen elektromotorischen Kraft sei, sondern dass die erregte Elektricität als Folge der Oxydation des Zinks durch Feuchtigkeit der Luft angesehen werden müsse, wozu namentlich die Fähigkeit des elektrischen Stromes, chemische Zersetzungen hervorzurufen, und der Einfluss des flüssigen Leiters einer galvanischen Kette auf die Stärke des Stromes Veranlassung gaben.

Nach dieser Theorie kann durch die einfache Berührung ungleichartiger Körper keine Elektricität erregt werden, wenn nicht eine chemische Action vorhergeht. Sie nimmt sogar an, dass dem Volta'schen Fundamentalversuche eine Oxydation zum Grunde liege, und eine Zersetzung der natürlichen Elektricitäten nicht stattfinden würde, wenn die Metalle der Feuchtigkeit der Atmosphäre entzogen werden könnten.

Von dieser Oxydationstheorie abweichend ist die neuere chemisch-elektrische Theorie, welche Faraday aufstellte. Nach dieser Hypothese ist der Galvanismus ebenfalls Folge chemischer Thätigkeit, rührt aber von der Zersetzung des flüssigen Leiters her.

Die angeregte elektrische Thätigkeit zerlegt die zusammengesetzten Körper in ihre Bestandtheile, welche sie auf dem Wege der Circulation antrifft, aber dennoch lassen auch flüssige Leiter, selbst wenn sie nicht zersetzt werden können, den elektrischen Strom durch. Auch giebt Faraday selbst zu, dass der Zersetzung der Flüssigkeiten eine elektrische Spannung vorangehe. Obgleich nun diese chemische Theorie vorzugsweise in England und auch hier und da in Deutschland ihre Vertretung gefunden hat, so spricht doch namentlich dagegen, dass sie eigentlich den Volta'schen Fundamentalversuch ganz ausser Augen lässt und keine Auskunft darüber giebt, wie die Spannung der Elektricität an den Polen der offenen Kette mit der Anzahl der Plattenpaare zunimmt. Namentlich spricht aber auch der Umstand dagegen, dass man eine Reihe galvanischer Ketten schliessen kann, bei denen vor ihrer Schliessung keine Spur chemischer Zersetzung stattfindet, und dennoch ein Strom erzeugt wird. Auch Berzelius, welcher früher ein Anhänger dieser Theorie war, überzeugte sich durch genaue Versuche, dass die in dem feuchten Leiter auftretenden chemischen Erscheinungen nicht die Ursache, sondern die Wirkungen des elektrischen Stromes seien.

Obgleich die Erfahrung uns manche Beweise geliefert hat, die gegen die chemische Theorie sprechen, so ist dennoch der Streit zwischen der chemischen- und Contacttheorie noch immer bis jetzt nicht geschlichtet. Jedoch hat Schönbein neuerdings eine Theorie aufgestellt, welche gewissermassen ein annäherndes Einverständniss zwischen den Physikern anzubahnen scheint. Ohne weiter auf diese Theorie einzugehen, welche wir sowohl in einer besondern Schrift von Schönbein als auch in dem Jahresbericht der Physik von Müller finden, so mag bemerkt werden, dass die Schönbein'sche Theorie sich von der Contacttheorie dadurch unterscheidet, dass dieser den Ort der Elektricitäts-erregung nicht an die Berührungsstelle der Metalle, sondern zwischen Metall und Flüssigkeit verlegt. Ferner kann man nach dieser Hypothese in allen Volta'schen Combinationen die Richtung des Stromes aus den chemischen Beziehungen der die Kette bildenden Substanzen im Voraus bestimmen. Diese Theorie ist also im Stande, je nach der Natur der chemischen Stoffe die Richtung des Stromes schon vorher zu sagen. Die Schönbein'sche Theorie vermag jedoch, obgleich sie manche Vorzüge vor den früheren chemischen Theorien hat, nicht den Volta'schen Fundamentalversuch zu erklären und lässt ihn daher ganz aus dem Auge. Diese längst constatirte Thatsache müsste eigentlich von jeder Theorie beachtet werden, und es liegt auch keineswegs in der Schönbein'schen Theorie die Unmöglichkeit, nach ihr die elektrische Spannung zwischen zwei heterogenen Metallen zu erklären.

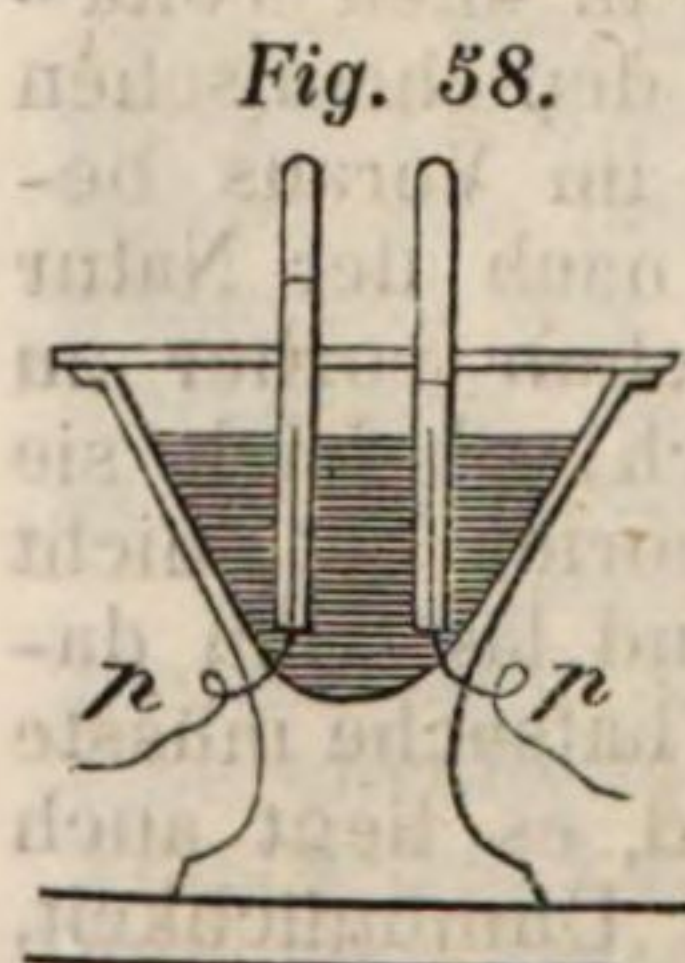
Chemische Wirkungen des galvanischen Stromes.

§. 74. Unser Raisonement über Eelektricität bezog sich bis jetzt immer auf die Erregungsmittel derselben, auf die verschiedenen Formen der galvanischen Kette, so wie auf die hypothetisch angenommenen Ursachen dieses elektrischen Stromes; wir wollen uns nun, so weit wie wir es in dem physikalischen Theile für angemessen halten, mit den so interessanten und für den Chemiker so wichtigen Erscheinungen beschäftigen, welche durch Einwirkung des elektrischen Stromes auf chemisch zusammengesetzte Verbindungen hervorgerufen werden.

Das Vermögen der elektrischen Kraft, zusammengesetzte Körper in ihre Bestandtheile zu zerlegen, wurde zuerst im Anfange dieses Jahrhunderts beobachtet, indem man entdeckte, dass das Wasser durch den galvanischen Strom in seine beiden Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff, zerlegt werden kann. Lässt man nämlich den elektrischen Strom durch Wasser gehen, so dass die beiden Poldrähte oder Elektroden*) (nach Faraday) in demselben in einer kleinen Entfernung von einander gehalten werden, so wird man sehr bald an dem negativen Pol der Säule Gasblasen von Wasserstoffgas aufsteigen sehen, während das Zink, als das Element des positiven Pols, Sauerstoff aufnimmt.

Diese Entdeckung zog die folgenreichsten Resultate von grosser Bedeutung nach sich, denn man überzeugte sich nun immer mehr, dass der elektrische Strom nicht allein als Feuer wirkt, sondern eine chemisch zersetzende Eigenschaft besitzt; denn es scheint nach den gemachten Erfahrungen, dass alle zusammengesetzten Flüssigkeiten, welche zugleich Leiter der Elektricität sind, durch den elektrischen Strom eine chemische Zersetzung erleiden, welche Faraday mit dem Namen Elektrolyse (von ἤλεκτρον und λύειν, trennen, aufheben) bezeichnet, während er den zusammengesetzten Stoff, welcher der chemischen Zersetzung oder Elektrolyse unterworfen wird, Elektrolyt nennt.

Will man eine solche Elektrolyse vornehmen, so bringt man die Flüssigkeit am besten in ein besonderes Gefäss, etwa von Glas, die sogenannte Zersetzungszone, in welche zwei gleichartige Metallstreifen oder Platten, z. B. Platinstreifen, eintauchen, die mit



der galvanischen Kette verbunden sind. Auf diese Weise lässt sich auch die Zersetzung des Wassers am besten wahrnehmen, wenn man dasselbe in ein Gefäss (Fig. 58) schüttet, in welches zwei Platindrähte *pp*, die mit einer galvanischen Kette in Verbindung stehen, eingeschmolzen sind. Stürzt man nun zwei weite Glasröhren über die Drähte, so wird man in der einen Wasserstoffgas und in der andern Sauerstoffgas aufsteigen sehen, da das Platin das Sauerstoffgas nicht aufnimmt. Jedoch

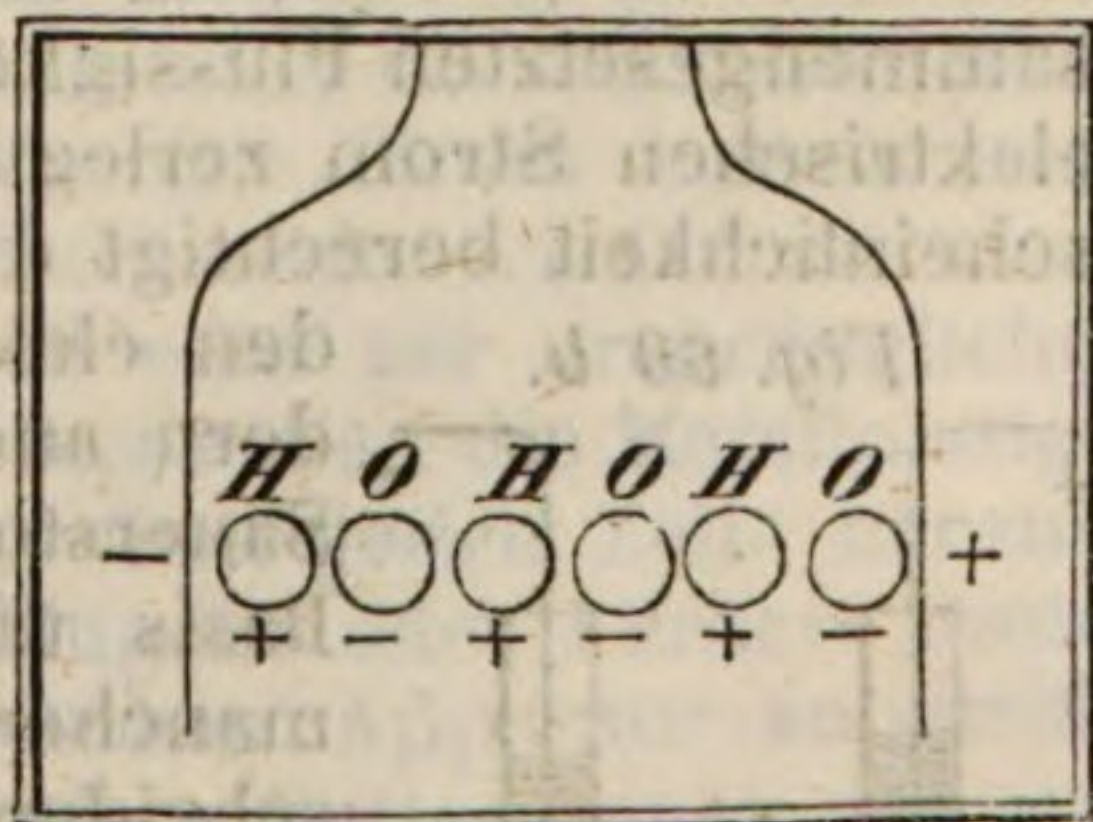
Diese Benennung (aus dem Griechischen von ἤλεκτρον und ὁδός, Weg, hergenommen) wählte Faraday für die Polardrähte.

ist für die Zersetzung des chemisch reinen Wassers eine kräftig wirkende Säule nöthig, da dieses einer der schlechtesten Leiter unter den Flüssigkeiten ist, so wie man aber ein Minimum einer Säure oder eines Salzes zusetzt, geht die Gasentwicklung sehr rasch vor sich. Man wird bemerken, dass die Sauerstoffmenge, welche sich am positiven Pol entwickelt, dem Volumen nach nur halb so gross ist, als die des Wasserstoffs, welche am negativen Pol auftritt. Da nun aber das Wasser aus einem Aequivalent Sauerstoff und einem Aequivalent Wasserstoff besteht, dieses aber einen doppelt so grossen Raum einnimmt als jenes und sich folglich wie 2 zu 1 verhält, so geht daraus hervor, dass die Bestandtheile des Wassers in demselben Verhältnisse ausgeschieden werden, in welchem sie das Wasser zusammensetzen.

Ueber diese höchst merkwürdige Erscheinung hat man sich folgende theoretische Ansicht gebildet.

Den für messbare Körper aufgestellten Satz, dass ungleichartige Stoffe, mit einander in Berührung gebracht, einen entgegengesetzten elektrischen Zustand annehmen, hat man auch auf die kleinsten Theilchen ausgedehnt. Wenn wir nämlich uns in einer Verbindung, wie das Wasser, die kleinsten Theilchen oder Atome des Sauerstoffs und Wasserstoffs sich neben einander gelagert denken, so werden bei der innigen Berührung die des Wasserstoffs positiv elektrisch und die des Sauerstoffs negativ elektrisch, und mithin die beiden Elemente sich in diesem Zustande erhalten. Denken wir uns nun das Wasser zwischen den Polen einer galvanischen Kette befindlich, so wird der positive Pol auf die zunächst liegenden Wassertheilchen in der Weise wirken, dass der negative Bestandtheil angezogen und dem positiven zugekehrt wird, während das abgestossene Wassertheilchen des ersten Wassermoleküls von dem positiven Pol abgewendet ist. Das erste Wassertheilchen wirkt nun auf das zweite in der Weise, dass es seine Elemente nach derselben Seite hin kehrt. So kann man sich nun denken, wie es kommt, dass alle Wassermoleküle zwischen den beiden Polen ihr Sauerstoffatom dem positiven Pol, ihr Wasserstoffatom dem negativen Pol zukehren, wie uns Figur 59 zeigt. Auf den Polplatten bemerkt man aber als Folge der elektromotorischen Thätigkeit ein Uebergewicht der elektrischen Anhäufung; man kann daher wohl annehmen, dass dadurch ihre chemische Anziehung zu den entgegengesetzt elektrischen Elementen der Flüssigkeit verstärkt wird.

Fig. 59.

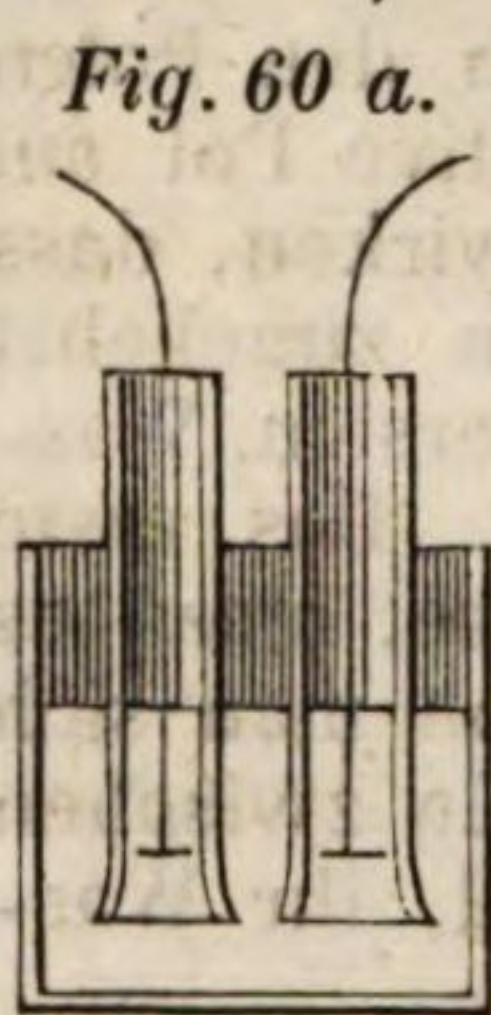


Durch diese verstärkte Anziehung, welche der positive Pol auf den Sauerstoff des Wassertheilchens ausübt, wird dasselbe seinem Wasserstoffatom gewissermassen entrissen, und so wird die Affinität der früher mit dem Sauerstoff verbundenen Wasserstoffatome Befriedigung in der Anziehung der zunächst liegenden oder noch nicht zersetzten

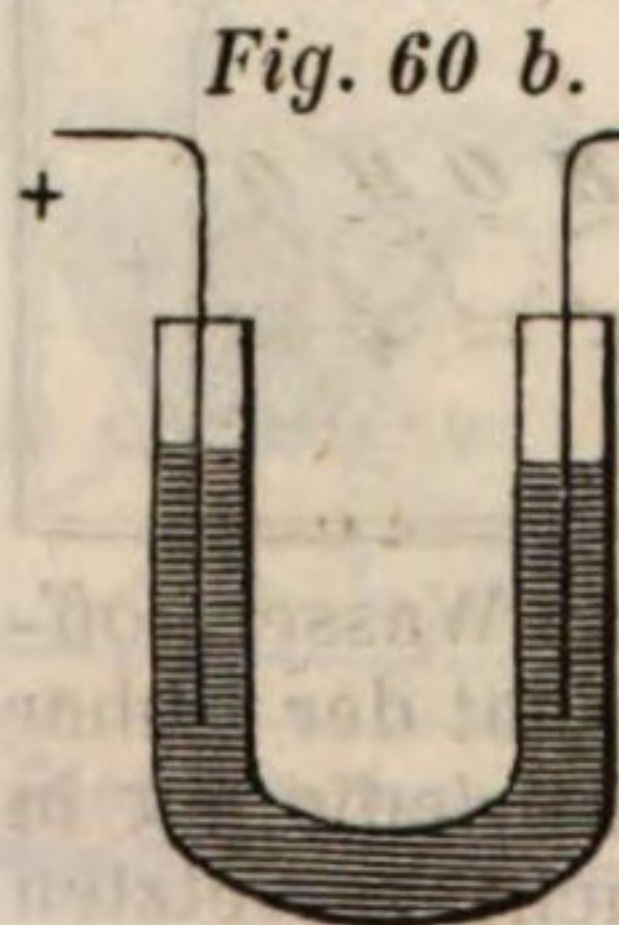
Sauerstofftheilchen finden, denn die Wasserstoffatome wirken dann wieder auf dieselbe Weise auf die folgenden Sauerstoffatome, bis endlich zu den an die negative Grenzfläche sich anlehnenden Wassertheilchen, die sich mit der Substanz jener Fläche zu verbinden streben. Kann aber diese Verbindung nicht vor sich gehen, so muss sich die eingetauchte Platte vermöge der wechselseitigen Anziehung entgegengesetzt elektrischer Theilchen mit einer Schicht Wasserstoff überziehen. Es werden nun natürlich alle später sich entwickelnden Wassertheilchen keine freien Punkte auf der Metallplatte mehr finden und sich daher in Gasform entwickeln, indem sie ihre $+E$ auf der mit freier $-E$ beladenen Wasserschicht absetzen, und aus dem sogenannten Erzeugungszustande in den gewöhnlichen übergehen.

Wir haben also uns die Leitung der Elektrizität durch eine zersetzbare Flüssigkeit, gleichsam als eine Uebertragung der in jedem Atom der Verbindung enthaltenen Elektrizitätsmenge, von Atom zu Atom zu denken, so dass die Menge der fortgeleiteten Elektrizität gleichen Schritt mit der Quantität der Zersetzung halten muss.

Wir hätten nun also hiermit die Vorstellungsweise über die Elektrolisirung gegeben und fügen nur noch hinzu, dass sie stets von einem Pole zum andern wenigstens von einem der Bestandtheile der zerlegten Verbindung begleitet ist; um dieses aber recht augenscheinlich zu machen, giebt man besser der Zersetzungs- zelle die Form, wie sie uns in der Abbildung (Fig. 60 a) gegeben ist; der



eine Glaszylinder ist natürlich bestimmt, um die positive Polplatte, und der andere um die negative einer kräftigen galvanischen Kette aufzunehmen. Wenn auch jene früher angegebene Form der Zersetzungs- zelle für die Elektrolyse des Wassers, um das Aufsteigen der Gasblasen zu beobachten, ganz zweckmässig ist, so dürfte die in Figur 60 a gegebene Form für manche andere chemisch zusammengesetzte Flüssigkeit, wenn aus ihr durch die Elektrolyse sich feste Substanzen ausscheiden, doch passender sein; namentlich ist dies bei metallischen Ausscheidungen der Fall, denn wir haben oben gesagt, es scheine, als ob sämtliche chemisch zusammengesetzten Flüssigkeiten, welche gute Leiter sind, durch den elektrischen Strom zerlegt werden können, und zu dieser Wahrscheinlichkeit berechtigt die Erfahrung, dass es gelungen ist, durch

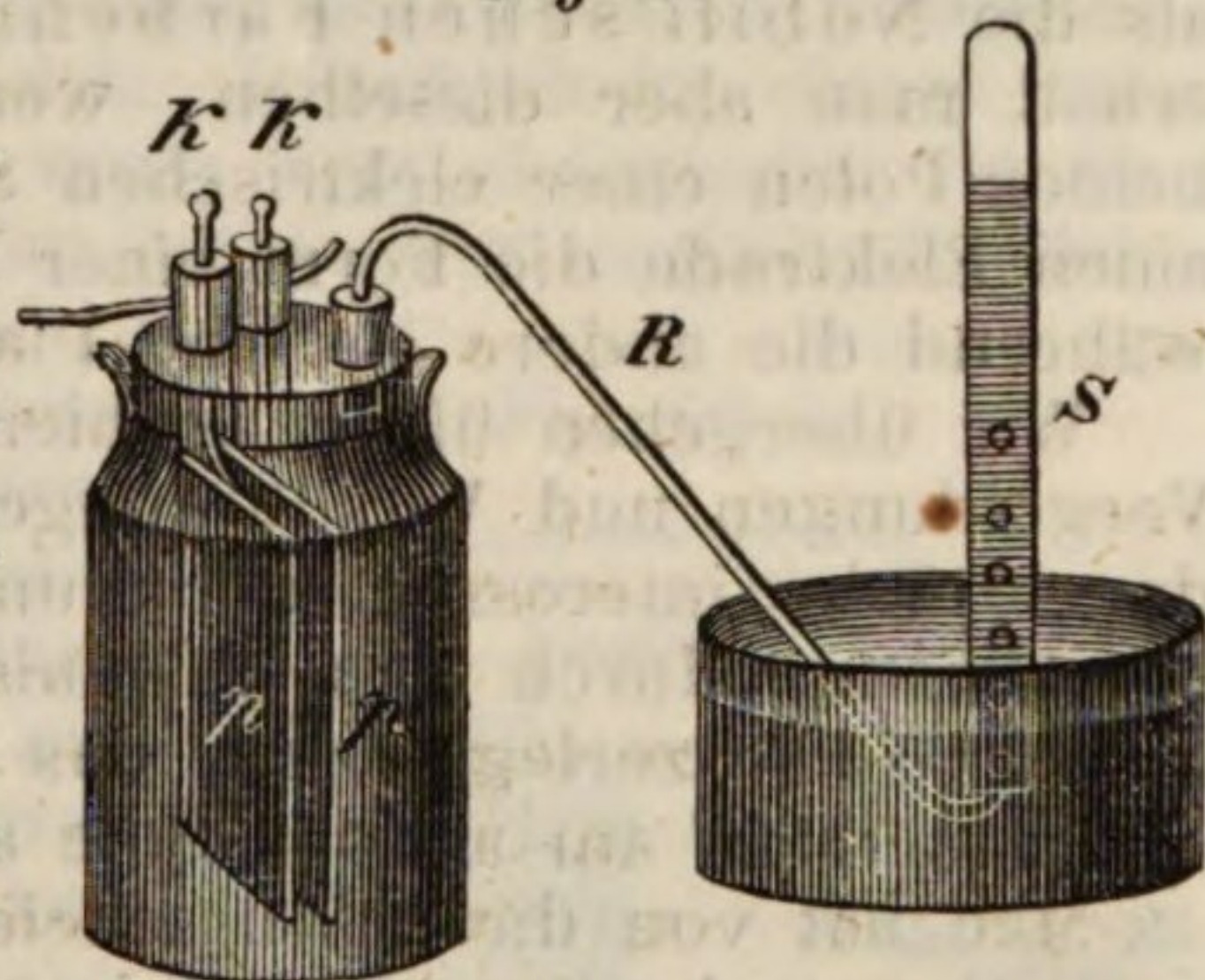


den elektrischen Strom nicht allein Wasser, sondern auch Oxyde (Verbindungen von Metall und Sauerstoff) und Salze (Verbindungen von einer Basis und Säure) zu zerlegen, und sogar aus manchen Salzen das Metall regulinisch auszuscheiden, wozu man ein doppelschenkliches Rohr von Glas (Fig. 60 b) benutzen kann. Die metallische Ausscheidung durch den elektrischen Strom hat zu sehr interessanten Erscheinungen geführt, worauf z. B. die sogenannte Galvanoplastik be-

ruht, worüber auch einige Worte Platz finden sollen, wiewohl der zersetzende Einfluss des galvanischen Stromes auf Salze und Oxyde für uns von grösster Wichtigkeit ist; indessen müssen wir auf ein ausführliches Raisonnement hierüber im zweiten Theile verweisen.

§. 72. Berücksichtigen wir zunächst die Stärke der chemischen Wirksamkeit des elektrischen Stromes, so findet man gewöhnlich, dass die chemische Zersetzung in der geschlossenen Kette gleich nach der Schliessung am raschesten von Statten geht und in kurzer Zeit sehr auffallend abnimmt. Zur Messung der chemischen Wirksamkeit des Stromes kann man sich am einfachsten des sogenannten Volta-Elektrometers von Faraday bedienen, wenigstens giebt dasselbe ein Mass für die Quantität des durch die Kette zersetzten Wassers und für die Stärke des Stromes. Ein solches Volta-Elektrometer sehen wir in Figur 64 abgebildet; es besteht aus

Fig. 64.



In die dritte Oeffnung ist ein Rohr *R* konisch eingeschliffen, welches das entwickelte Gas einer graduirten Röhre *S* zuführt. Das Gefäss wird alsdann mit einer verdünnten Schwefelsäure von 1,34 specifischem Gewicht gefüllt und die Klemmschrauben werden mit Polardräthen verbunden. Mit Hülfe dieses Apparates hat man gefunden, dass gleiche Mengen des zersetzten Wassers gleiche Ablenkungen der Multiplicator- oder Galvanometernadel geben. Derselbe Fall findet bei andern chemisch zersetzten Flüssigkeiten statt.

Man wird hierdurch beobachten, wie der Strom immer nach und nach abnimmt; jedoch nimmt die Stromstärke wieder zu, wenn man die galvanische Kette öffnet, aber er wird zur ursprünglichen Stärke nur dann wieder zurückkehren, wenn man die Metallplatten, namentlich die auf der negativen Stelle, einer jeden Zelle herausnimmt und sorgfältig reinigt. Was die längere oder kürzere Dauer des Stromes der verschiedenen galvanischen Apparate anbelangt, so möchte der Grund, dass die galvanischen Ketten einen mit unveränderter Stärke fortdauernden Strom liefern und die Volta'sche Säule nur im ersten Augenblick einen raschen Strom giebt, darin liegen, dass die Kupferplatte sich mit einer Schicht Wasserstoff überzieht.

Durch den galvanischen Strom bewirkte Metallfällungen.

Galvanoplastik.

§. 73. Es ist bereits erwähnt worden, dass Salzlösungen nicht immer in Säure und Basis durch den elektrischen Strom zerlegt werden, sondern dass auch die Metalle häufig sich aus ihren Lösungen regulinisch ausscheiden, wiewohl schon sehr lange bekannt ist, dass durch regulinische Metalle andere Metalle aus ihren Lösungen gefällt werden. Geht aber dieser Process unter Mitwirkung des elektrischen Stromes vor sich, so erfolgt ein förmlich adhärender Ueberzug, worauf sich die bekannte Vergoldung und Versilberung gründet.

Wenn man auf ein Silberplättchen einige Tropfen essigsaures Bleioxyd fallen lässt, und alsdann mit der Spitze eines Zinkstückchens in der Mitte der Flüssigkeit das Silber berührt, so bilden sich um die Berührungstelle mehrere concentrische Ringe, welche als die Nobili'schen Farbenringe bekannt sind. Viel schöner erhält man aber dieselben, wenn man diese Flüssigkeit mit den beiden Polen einer elektrischen Säule in Berührung bringt und der einen Elektrode die Form einer Platte, aus Silber bestehend, giebt, während die andere als eine Platinspitze endigt.

Wir übergehen übrigens hier die Vorschriften zu galvanischen Vergoldungen und Versilberungen und wenden uns namentlich zu der so sehr interessanten Fällung des Kupfers aus einer Kupfervitriollösung durch den galvanischen Strom. Diese wird nämlich in der Weise zerlegt, dass das Kupfer an dem negativen Pol und der Sauerstoff am andern Pole austritt.

Man hat von dieser Ausscheidung des Kupfers eine sehr interessante Anwendung gemacht, deren Entdeckung Jacobi und Spencer zuzuschreiben ist, und unter dem Namen der Galvanoplastik bekannt ist. Sowie man die Ausscheidung der edeln Metalle zu Ueberzügen metallischer Gegenstände benutzte, wandte man eine längere Zeit fortgesetzte Ausscheidung des metallischen Kupfers zu galvanoplastischen Abdrücken an. Die einfachste Vorrichtung, um solche Abdrücke zu erhalten, ist die abgeänderte Becquerel'sche Zelle, wie sie in Figur 62 a abgebildet ist.

Fig. 62 a.

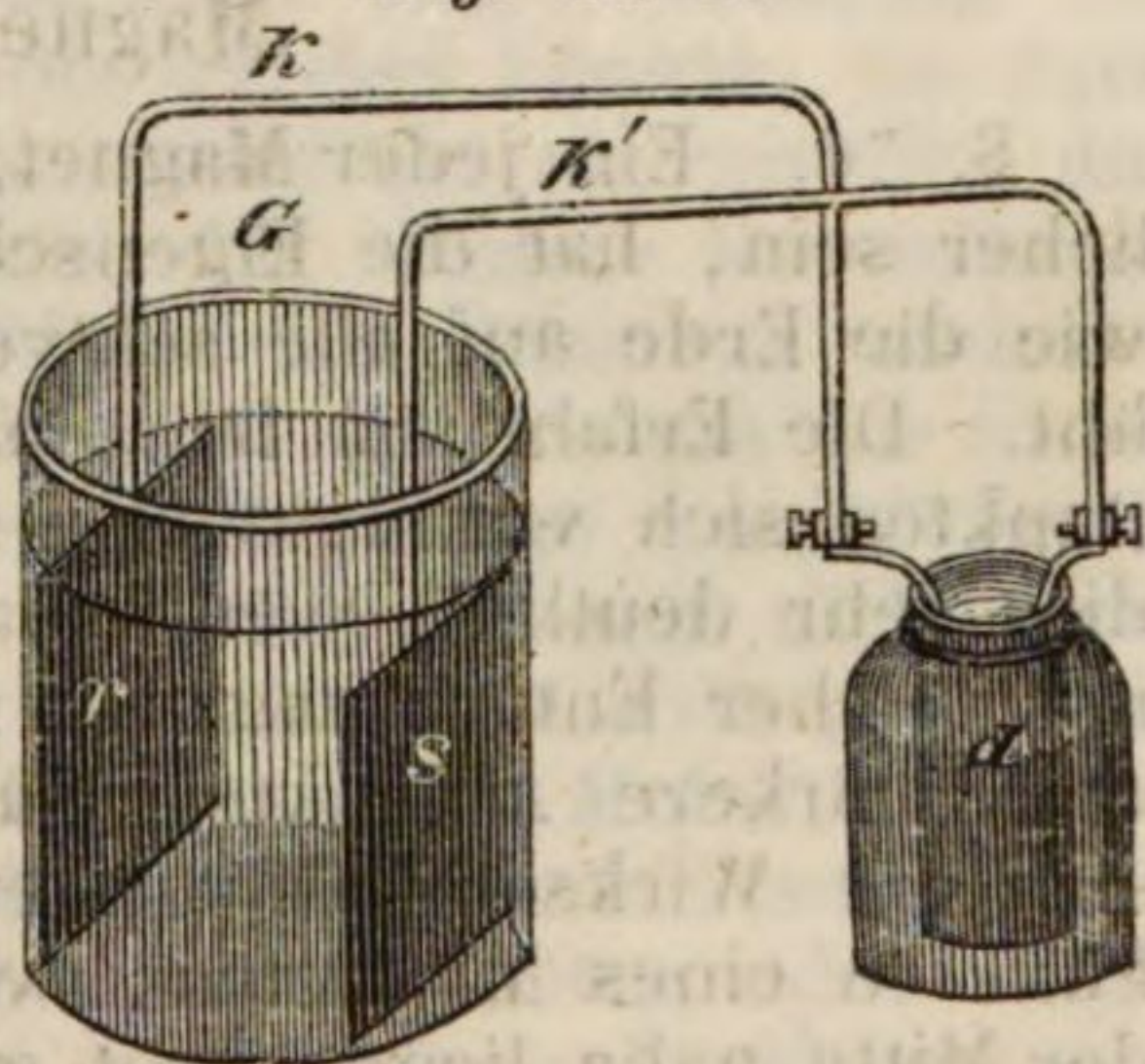


AA' ist ein 6—8 Zoll im Durchmesser haltendes Glasgefäss; in dieses hängt ein zweites engeres Glasgefäss BB' von oben hinein, welches unten mit einer Thierblase *t* zugebunden ist. Etwas über der Mitte ist um dieses engere Glasgefäss ein Draht *r* fest herum gewunden, der in drei Arme ausläuft, welche, auf dem Rande des äussern Glasgefässes aufliegend, das innere tragen. Dieses wird mit sehr verdünnter Schwefelsäure und das grössere mit Kupfervitriollösung (oder

wenn man ein anderes Metall niederschlagen will, mit der betreffenden Metallösung) gefüllt. In dem innern Gefässe ruht auf einem Kreuze von Holzstäbchen ein Zinkblock z , an welchem ein Kupferdraht K , der in ein Quecksilbernäpfchen h eintaucht, angelöthet ist. Ein zweiter Kupferdraht K' geht aus dem Quecksilbernäpfchen in die Kupfervitriollösung (oder Metallösung), in welcher sich die zum Abdruck bestimmte Form f befindet, die gewöhnlich aus einer leichtflüssigen Metalllegirung oder aus Stearin und Wachs besteht.

Aus der Kupfervitriollösung (schwefelsauren Kupferoxydlösung) wird nun das Kupfer metallisch niedergeschlagen, während die Schwefelsäure durch die Thierblase dringt und vom Zink eine dem niedergeschlagenen Kupfer äquivalente Menge auflöst. Es wird nun der Kupfervitriollösung fortwährend Kupfer entzogen, weshalb täglich der Apparat mit frisch gesättigter Kupfervitriollösung nachgefüllt werden muss. Ebenso darf man die Nachfüllung von Wasser in dem innern Gefässe nicht unterlassen, da sich durch die fortwährende Wasserzersetzung und das dadurch entstehenden Zinkoxyd, stets Zinkvitriol bildet. Jedoch findet dieser Austausch der Metalle nur dann statt, wenn dem elektrischen Strome durch die metallische Berührung der Drähte eine metallische Bahn verliehen wird.

Fig. 62 b.



Für ein abgeändertes Verfahren bietet uns die Figur 62 b einen Apparat, der bei grosser Bequemlichkeit auch für ein besseres Gelingen empfohlen wird. Das Gefäss G von Glas ist mit der Kupferlösung nebst etwas Schwefelsäure gefüllt, und in diese Flüssigkeit die abzubildende Form r eingetaucht, welcher einer Kupferplatte s gegenüber steht. r und s sind durch gefirniste Kupferdrähte KK' mit den Polen des Elementes d einer Daniell'schen Batterie verbunden und zwar r mit dem — Pol und s mit dem + Pol desselben. Das Wesentlichste dieser Construction ist nun, dass sich Kupfer auf der Form reducirt und dass das im entsprechenden Maasse auf der Kupferplatte sich bildende Kupferoxyd aufgelöst wird, wodurch die Lösung alsdann immer angemessen gesättigt bleibt.

Thermische Wirkungen des elektrischen Stromes.

§. 74. Sowie man durch Anwendung kräftiger galvanischer Apparate chemisch zusammengesetzte Flüssigkeiten zerlegen kann, ist es auch möglich, rücksichtlich der physikalischen Wirkungen eine sehr intensive Hitze hervorzurufen; denn man kann mit Hülfe des elektrischen Stromes Metalldrähte glühend machen, wozu sich schon ganz vorzüglich der Bunsen'sche Apparat eignet.

Ist der Draht für die Kraft der Kette kurz und dünn genug, so

kann derselbe sehr leicht zum Schmelzen gebracht werden. Eisen- und Stahldrähte werden weissglühend und verbrennen unter Funkenprühen; ebenso wird Platindraht lebhaft glühend und schmilzt. Eine der interessantesten Erscheinungen ist aber, wenn man Kohle zum Glühen bringt, da auf diese Weise ein helles, blendend weisses Licht erzielt wird.

Vierte Abtheilung.

Magnetismus.

§. 75. Es giebt im Innern der Erde Körper, welche die Eigenschaft haben, Eisen anzuziehen. Diese Körper sind Eisenerze, welche man gewöhnlich natürliche Magnete nennt.

Eine Anziehungskraft oder magnetische Kraft (von *μάγνης*, Stein) wohnt in mehreren Körpern und kann auch manchen vorübergehend ertheilt werden, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man einen Magneten in Eisenfeile taucht; man wird bald alsdann bemerken, dass die kleinen Eisenspähnchen an der Oberfläche desselben anhängen.

Gegen reines Eisen äussert sich diese magnetische Anziehungskraft mehr als gegen solches, welches sehr reich an Kohlenstoff ist.

Magnetische Polarität.

§. 76. Ein jeder Magnet, mag er ein natürlicher oder ein künstlicher sein, hat die Eigenschaft, das Eisen anzuziehen, gleichsam wie die Erde auf alle schweren Körper eine Anziehungskraft ausübt. Die Erfahrung lehrt aber, dass die Anziehung in gewissen Punkten sich vorzugsweise stark äussert, und zwar bemerkt man dies sehr deutlich, wenn man ein Stück Eisen von einem Magneten in gleicher Entfernung hält; denn es wird in gewissen Punkten eine stärkere Ablenkung fühlbar werden, wie an anderen. Eine stärkere Wirksamkeit äussert sich namentlich an den äussersten Punkten eines Magneten, während die Querdurchschnitte, welche der Mitte nahe liegen, fast gar keine Wirkung äussern. Man nimmt daher zwei Pole und eine neutrale Mittellinie an.

Dies kann man sich leicht anschaulich machen, wenn man einen natürlichen Magnet in Eisenfeile hin und her wälzt; die Enden bedecken sich mit langen Fäden von Eisenfeile, wogegen sie nach der Mitte hin immer kürzer werden, bis endlich in der Mitte gar kein Eisentheilchen hängen bleibt.

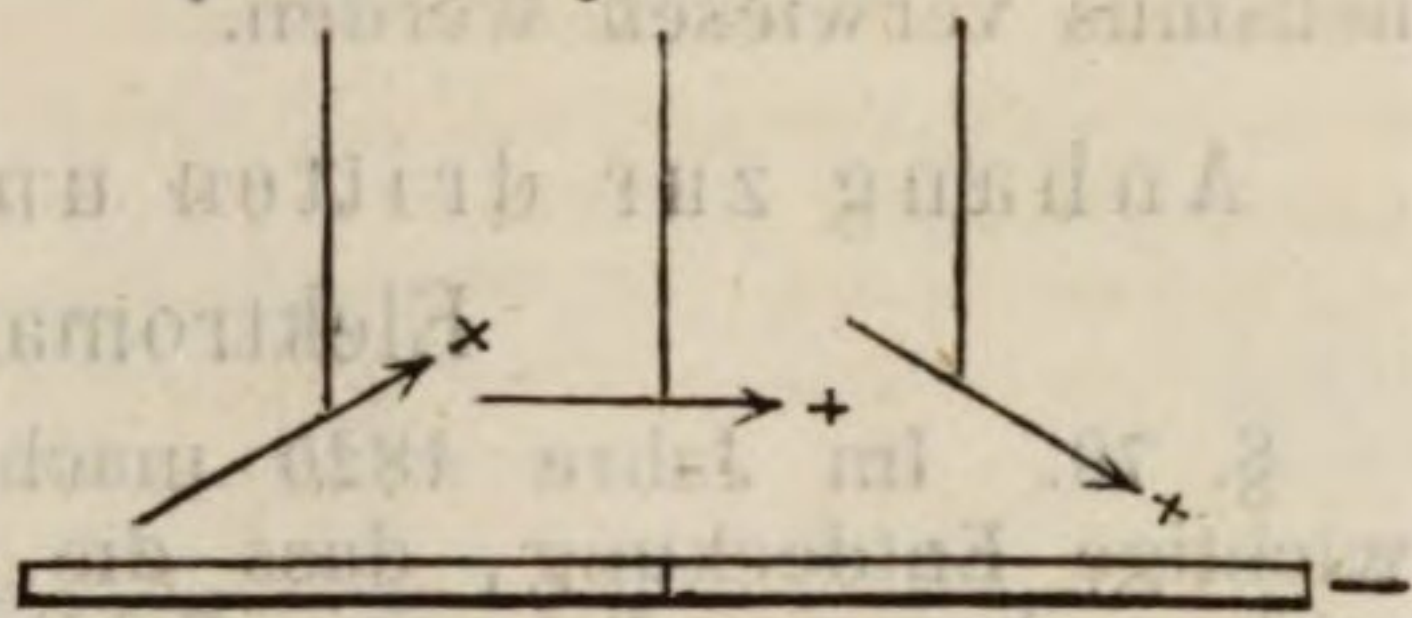
Diese beiden Pole, welche an den Enden ihren Sitz haben, sind nicht dieselben, sondern sie sind verschieden von einander, und man nennt daher ihren Gegensatz magnetische Polarität, die Pole selbst aber bezeichnet man als positiv (+ Pol) und negativ (— Pol).

Hängt man einen Magnet an einem Faden auf und nähert die beiden Polenden nach einander ein und demselben Pole eines andern Magnetstabes, so wird man bemerken, dass das eine jener Polenden von diesem angezogen, das andere aber abgestossen wird, woraus zu schliessen ist, dass die Pole verschiedener Natur sind, und daher

als ungleichnamige oder entgegengesetzte bezeichnet werden können, weshalb man einen $+$ Pol und einen $-$ Pol annimmt.

Hängt man eine feine Magnetnadel (Fig. 63), an einem Faden gebunden, über der Mitte eines Magnetstabes auf, so erhält sie eine den Polen desselben entsprechende horizontale Lage,

Fig. 63.



aber in der Weise, dass die ungleichnamigen Pole der Nadel und die des Stabes sich einander zuwenden, d. h. $-$ zu $+$ und $+$ zu $-$. Die Nadel behauptet, trotz aller Schwingungen, in die man sie versetzt, immer wieder dieselbe Lage, so lange man sie über der Mitte des Stabes hält; nähert man sie aber dem einen oder andern Ende des Stabes, so senkt sich ihre gegen dieses Ende gerichtete Spitze und ihr ungleichnamiger Pol wird sich dem des Stabes so viel wie möglich nähern. Dieser Versuch zeigt uns sowohl, dass die Pole ungleichnamig sind, als auch, dass die ungleichnamigen sich anziehen und die gleichnamigen sich abstossen.

§. 77. Nach dem, was hier gesagt worden, könnte man leicht zu der Vorstellung gelangen, dass jede der beiden magnetischen Fluida durch äussere Einwirkung getrennt und wiederum an einer andern Stelle des Eisens angehäuft werden könnte, so dass an dem einen Pol vorzugsweise die eine, und am anderen Pol die andere sich befindet. Dies ist aber nicht die richtige Vorstellung, sondern wir haben uns einen jeden Magnet aus kleinen, untheilbaren Theilchen zusammengesetzt zu denken; denn wenn wir einen Magnet zerbrechen, so werden sich sogleich wieder zwei Pole in jedem Stücke bilden. Die magnetischen Fluida können nicht von einem Molekül zum andern übergehen, sie können aber in jedem Molekül für sich getrennt werden, so dass man die Moleküle selbst theilen müsste, wenn man jede der beiden Flüssigkeiten isolirt darstellen wollte. Wir müssen uns daher einen Magneten oder magnetisirten Eisenstab, wie Figur 64 zeigt, aus kleinen Theilchen zusammengesetzt denken, von denen

Fig. 64.

jedes die beiden Fluida, aber in getrenntem Zustande enthält, und zwar haben wir uns die Vertheilung so zu denken, dass das gleichartige Fluidum in allen Theilchen nach derselben Seite hingekehrt ist. Es ist also an dem linken Ende des dargestellten Magneten nur die eine und an dem rechten Ende die andere Flüssigkeit vorhanden.

§. 78. Wenn wir auch nicht bezweifeln können, dass der Magnetismus Einfluss auf die chemische Thätigkeit ausübt, wie wir dies namentlich aus dem Zusammenhange zwischen Elektrizität, wovon sogleich die Rede sein wird, schliessen müssen, so dürfte die Aufmerksamkeit der Chemiker auch auf den natürlichen Magnetismus gelenkt werden. Aber dennoch würde ein ausführliches Raisonnement über den Erdmagnetismus uns zu weit von unserm Plane

abziehen, da der Einfluss des Erdmagnetismus auf chemische Thätigkeit bis jetzt noch nicht erwiesen ist; es muss daher auf die Lehrbücher der Physik und specielle Studien über den Erdmagnetismus verwiesen werden.

Anhang zur dritten und vierten Abtheilung.

Elektromagnetismus.

§. 79. Im Jahre 1820 machte Oerstedt die ausserordentlich wichtige Entdeckung, dass die Elektricität auf den Magnetismus wirke, dass nämlich der Schliessungsdraht einer Säule, während der elektrische Strom hindurch geht, auf eine freihängende Magnetnadel eine ablenkende Einwirkung hervorbringt, wodurch die Vermuthung befestigt wurde, dass Elektricität und Magnetismus als Zwillingskräfte zu betrachten seien.

Um sich von der Einwirkung des galvanischen Stroms auf die Nadel zu überzeugen, kann man einen etwas starken Kupferdraht nehmen, welcher zu einem Quadrat (Fig. 65) gebogen ist. Die bei-

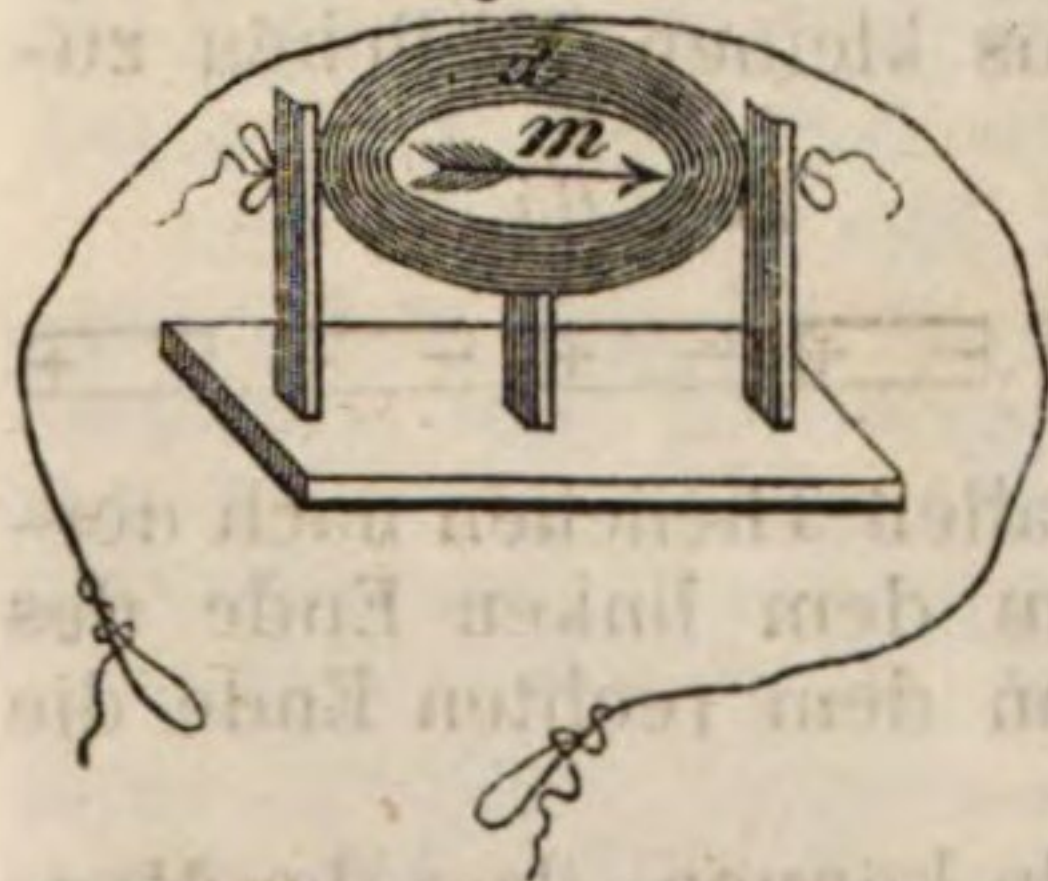
Fig. 65.



den Enden dieser Drähte tauche man in ein Quecksilbernäpfchen einer galvanischen Batterie oder verbinde sie geradezu mit den Polen einer elektrischen Säule. Hält man nun eine Magnetnadel gerade über das Drahtstück, so wird dieselbe nicht dem Strome parallel bleiben, sondern sie wird abgelenkt.

Sehr bald nach dieser Entdeckung der magnetischen Wirksamkeit der Elektricität im Bewegungszustande, machte man eine höchst wichtige Anwendung davon, um die Anwesenheit elektrischer Ströme zu erkennen und die Stärke derselben zu messen; die hier ersonnenen Apparate nennt man Galvanometer. Ein solches Galvanometer ist der Multiplikator von

Fig. 66.



Schweigger und Poppendorff, wie die Figur 66 darstellt. Die Drahtgewinde d dieses Multiplikators macht man aus eisenfreiem mit Seide dicht übersponnenen Kupferdraht, den man auf einem rechtwinkeligen Rahmen von Holz oder Metall aufwickelt, so dass im Gewinde nur noch der nöthige Raum für die Bewegungen der Nadel m bleibt. In der Mitte befindet sich eine verticale Spitze, auf welcher die Magnetnadel ruht. Verbindet man nun

die Drahtenden mit den Polen einer elektrischen Säule oder Kette, so wird die Magnetnadel m eine Ablenkung erfahren, selbst wenn die schwächsten elektrischen Ströme auf sie einwirken, weshalb ein solches Galvanometer für die Entdeckung elektrischer Ströme sehr brauchbar ist.

II.

Rein chemischer Theil.

Die Theoreme der allgemeinen Chemie (des wissenschaftlich-chemischen Lehrgebäudes).

Einleitende Vorbemerkung.

§. 80. So wie die allgemeine theoretische Seite einer jeden Wissenschaft uns ein klares Bild von dem Zusammenhange ihres Lehrgebäudes giebt, werden wir auch das der Chemie dann am besten auffassen können, wenn wir die aus der Beobachtung von Einzelheiten hervorgegangenen Gesetze und Grundlehren einer Anschauung unterwerfen. Kann auch von einer allgemein geltenden und durchgreifenden Theorie der gesamten Chemie wegen der täglich hinzukommenden Entdeckungen und neuen Erfahrungen, die häufig früher entworfene allgemeine Gesetze wieder umstossen, noch keine Rede sein, so tragen doch wenigstens die unorganischen Verbindungen und ihre Gesetze mehr oder weniger einen ausgeprägten Charakter in sich, so dass sie in vielen Fällen auch für die organischen als Leitfaden dienen können. Müssen wir auch erwarten, dass noch manche Hypothese durch die Resultate neuer Entdeckungen andern Combinationen das Feld räumt, so müssen wir dennoch versuchen, aus den Resultaten so vieler einzelnen Beobachtungen gewisse allgemeine Regeln und Gesetze zu entwerfen, damit das gemeinsame Band der Wissenschaft immer fester geknüpft wird und uns einer allgemeinen Theorie näher führt, die uns den eigentlichen Geist der Wissenschaft erfassen lehrt.

Viertes Capitel.

Chemische Verbindung.

Charakter und hypothetische Ursachen derselben.

§. 81. Eine chemische Verbindung ist das Resultat der Wirkungsäusserung chemischer Verwandtschaft (Affinität) zwischen heterogenen, sei es einfachen oder zusammengesetzten Körpern, wie bereits in Capitel 4 erwähnt worden ist. Vereinigen sich zwei ungleichartige Körper in der Weise mit einander, dass sie einen ganz neuen homogenen Körper bilden, dessen Eigenschaften von denen seiner Bestandtheile abweichen, so betrachtet man diesen neuen Körper als eine chemische Verbindung. Wir haben gesehen, welche Bedingungen für die Thätigkeit der chemischen Verwandtschaft unumgänglich nothwendig sind, folglich sind ebendieselben auch für das Hervorrufen einer chemischen Verbindung erforderlich, denn diese ist ja die Wirkung jener Ursache. Durch die verschiedenartige Aeusserung der chemischen Verwandtschaft wird eine grosse Zahl von Verbindungen hervorgerufen, aber die chemische Untersuchung hat uns gelehrt, dass nach dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft sowohl die bestehenden in der Natur vorkommenden, als auch die künstlich erzeugten sich sämmtlich auf 62 Elemente oder einfache unzerlegbare (besser unzerlegte) Stoffe, die als ihre Grundlage zu betrachten sind, zurückführen lassen. Die Zahl der chemischen Verbindungen würde aber dennoch nicht so gross sein können, wenn diese Elemente, deren Nomenclatur wir in dem folgenden Capitel kennen lernen werden, nicht in gar mannichfaltigen, bestimmten Verhältnissen (durch Zahlenausdrücke zu versinnlichen), mit einander verbunden sein könnten.

Es ist daher nicht allein ein wesentlicher Charakter der chemischen Verbindung, dass ihre Eigenschaften von denen der sie constituirenden Bestandtheile verschieden sind, sondern auch der Umstand, dass diese in bestimmten unveränderten Gewichtsverhältnissen mit einander verbunden sind, gehört zur Hauptcharakteristik einer chemischen Verbindung, worüber besondere Abhandlungen im mathematischen Theile folgen werden.

Ausserdem ist aber auch zum vollständigen Begriff von einer chemischen Verbindung noch anzuführen, dass sie gewöhnlich aus Elementarstoffen besteht, welche rücksichtlich ihrer Eigenschaften einen gewissen Gegensatz zeigen, indem diese die grösste Affinität zu einander äussern. Dennoch bedarf dieser Satz, den wir als ein chemisches Gesetz betrachten dürfen, einer Beschränkung, da sich nicht jeder Körper mit einem jeden andern verbindet; die Erfahrung hat nämlich gelehrt, dass sich auf der andern Seite nur solche Körper mit einander chemisch verbinden, die im Allgemeinen eine gewisse Analogie zeigen, d. h. in so fern, dass sich nur einfache mit einfachen und zusammengesetzte mit zusammengesetzten Körpern chemisch vereinigen.

Berücksichtigen wir die Art und Weise, wie die Verbindungen entstehen, so haben wir namentlich den Aggregatzustand der Körper ins Auge zu fassen; hierüber ist bereits bekannt, dass der flüssige mehr für die Verwandtschaftsausserung geeignet ist, als der feste, da, wie früher angeführt worden, bei flüssigen Körpern eine innige Berührung und Durchdringung der einzelnen Theilchen erfolgt, und natürlich jene eine unumgängliche Nothwendigkeit für die Erzeugung einer chemischen Verbindung ist; es wird diese sogar schon dadurch begünstigt, wenn selbst nur einer der sich verbindenden Körper flüssig ist, oder in den flüssigen Aggregatzustand durch den Einfluss der Wärme oder durch Auflösungsmittel übergeführt werden kann. Man unterscheidet daher Verbindungen auf trockenem und solche auf nassem Wege; jedoch ist die Zahl der auf letzterem gewonnenen, wie schon aus dem eben Gesagten hervorgeht, im Vergleich zu denen auf trockenem Wege entstandenen, ungleich bedeutender.

§. 82. Einige Beispiele werden uns das Gesagte noch klarer vor die Augen führen und bewahrheiten.

Das so häufig in der Natur vorkommende Chlornatrium oder Kochsalz giebt uns gewiss das nahe liegendste Beispiel für den ersten Begriff der chemischen Verbindung, dass nämlich die Eigenschaften derselben von denen der sie bildenden Bestandtheile ganz verschieden sind.

Dies kommt gewöhnlich in schönen, würfelförmigen Krystallen vor und ist bekanntlich mit einem angenehmen, salzigen Geschmack begabt, während der eine seiner Bestandtheile, nämlich das Chlor, ein grünlich-gelbes, erstickendes Gas ist und der andere, das Natrium, ein silberweisses, bei gewöhnlicher Temperatur weiches Metall vorstellt. Wir haben also hier eine chemische Verbindung, die aus einem festen Körper und einem an Eigenschaften ganz verschiedenen Gase besteht und ein von beiden Bestandtheilen ganz und gar abweichendes Salz darstellt, eine Verbindung, die sich auch auf künstlichem Wege durch Verbrennung des Metalls in Chlorgas erzeugen lässt.

Für den zweiten Begriff einer chemischen Verbindung, dass nämlich die Bestandtheile derselben in bestimmten unveränderlichen Gewichtsverhältnissen mit einander vereinigt sind, mag uns das Wasser als zunächst liegendes Beispiel dienen, denn dieses finden wir immer in denselben Verhältnissen, nämlich aus 89 Gewichtstheilen Sauerstoffgas und 11 Gewichtstheilen Wasserstoffgas zusammengesetzt, mag es das von erdigen Substanzen befreite, in der Natur vorkommende, oder das auf künstlichem Wege durch directe Vereinigung der beiden Gase erhaltene sein.

Um zu beweisen, dass gerade die Körper am meisten Verwandtschaft zu einander zeigen, welche in ihren Eigenschaften einen gewissen Gegensatz bilden, brauchen wir nur das obige Beispiel des Chlornatriums zu berücksichtigen, denn wir haben ja in den Bestandtheilen desselben einen schroffen Gegensatz: ein nichtmetallischer, gasförmiger Körper ist verbunden mit einem me-

tallischen. Ebenso zeigen die Elemente Jod, Fluor, Brom die grösste Neigung, sich mit den ihnen ganz entgegengesetzten Metallen zu verbinden, die Säuren mit den ihnen feindselig gegenüberstehenden Basen (Metalloxyden) eine chemische Vereinigung einzugehen und Körper, die wir Salze nennen, hervorzurufen. Eine solche Neigung ist z. B. sehr gross zwischen der Schwefelsäure und den folgenden Basen, der Baryterde, der Strontianerde, Kali, Natron, Kalkerde, Talkerde, Ammoniak. (Diese Reihe bildet zugleich ein Beispiel der Verwandtschaftsordnung von Bergmann und Geoffroy.) Ebenso liefern aber auch die angeführten Beispiele Beweise dafür, dass sich vorzugsweise einfache Stoffe mit einfachen, und zusammengesetzte Körper mit zusammengesetzten chemisch vereinigen.

Chlor hat grosse Neigung, sich mit dem Natrium, überhaupt mit Metallen zu verbinden; mit einem Metalloxyde (Metall und Sauerstoff) wird es sich aber nur unter Verdrängung des Sauerstoffs verbinden, d. h. mit einem Metalloxyde wird es eigentlich in gar keine Vereinigung eingehen, sondern es wird durch seine Affinität zum Metall, welche besonders durch Glühhitze erregt wird, den Sauerstoff aus seiner Verbindung austreiben und dessen Platz einnehmen. Ebenso werden die Metalle mit den zusammengesetzten Körpern, den Säuren, sich erst dann verbinden, wenn sie selbst erst in eine Verbindung, nämlich in ein Oxyd, verwandelt worden sind. Natrium wird sich nicht als ein solches einfaches Element, sondern nur als Natriumoxyd oder Natron mit der Schwefelsäure vereinigen, und ebendasselbe ist der Fall mit den oben angeführten Basen, der Baryterde, Strontianerde, Kalkerde und andern Basen, denn diese werden nur immer in Verbindung mit Sauerstoff, nicht aber als einfache Elemente, Barium, Strontium und Calcium sich mit den Säuren verbinden.

Zum genaueren Verständniss der unterschiedenen Verbindungen auf nassem und trockenem Wege können wir uns leicht überzeugen, dass der flüssige Zustand der Körper die chemische Verbindung sehr begünstigt, wenn wir die des Schwefelquecksilbers als Beispiel nehmen. Durch Zusammenreiben des Schwefels, also eines starren Körpers, und des Quecksilbers, eines flüssigen, erhält man das sogenannte Schwefelquecksilber; so wie man aber den Schwefel mit Hülfe der Wärme zum Schmelzen bringt, so wird die chemische Vereinigung der beiden Körper weit rascher geschehen.

Obgleich am Ende dieses weiter gar keines Beweises bedarf, denn es ist schon genug, wenn wir hervorheben, dass, je inniger die Berührung ist, desto leichter eine chemische Vereinigung erfolgen wird; so wollen wir doch auf die Erfahrung hinweisen, dass die Zahl der bekannten Verbindungen, welche auf nassem Wege entstehen, sehr gross ist, während die auf trockenem Wege erzeugten eine sehr beschränkte Zahl umfasst. Als Beispiel der Verbindungen auf trockenem Wege würden wir unter anderen die des Schwefelkupfers, durch Zusammenreiben von Schwefel mit fein zertheiltem Kupfer erhalten, so wie auch die Entbindung des Am-

moniakgases durch Vermischen des Kalkes mit Salmiak (Chlorammonium) anführen können. Vermischen wir dagegen zwei Salze, wie schwefelsaures Eisenoxydul und kohlensaures Natron mit einander, so wird, so lange sie in Substanz bleiben, keine wirklich chemische Action vor sich gehen, sobald aber beide in Wasser aufgelöst und beide Lösungen mit einander vermischt werden, nimmt man die Thätigkeit der chemischen Verwandtschaft wahr, indem ein gegenseitiger Austausch der beiden Salze erfolgt; die Schwefelsäure des schwefelsauren Eisenoxyduls tritt an das Natron und bildet mit demselben schwefelsaures Natron, während die mit diesem verbundene Kohlensäure an das Eisenoxydul tritt und mit diesem kohlensaures Eisenoxydul bildet, welches sich als ein Präcipitat absetzt. Wir haben also hier durch Ueberführung zweier starren Substanzen, die bereits als chemische Verbindungen existirten, in den flüssigen Aggregatzustand mit Hülfe eines Auflösungsmittels, zwei neue chemische Verbindungen erzeugt, die auf trockenem Wege nicht entstanden sein würden.

Mögen nun diese Beispiele, deren wir eine grosse Zahl anführen könnten, genügen, um unsere aufgestellten Regeln und Gesetze über den Charakter einer chemischen Verbindung zu rechtfertigen. Wir müssen nun aber auch, wenn wir das, was über die Cohäsion im Vergleich zur chemischen Verwandtschaft und über den chemischen Einfluss der Wärme gesagt worden ist, uns ins Gedächtniss zurückrufen, dass nämlich zu den wesentlichsten Bedingungen für die Entstehung einer chemischen Verbindung, sowohl die Beherrschung der Cohäsion von Seiten der Affinität als auch die unmittelbare Berührung der Stoffe gehören, dass ferner gewöhnlich die Wärme als ein nothwendiges Bedürfniss betrachtet werden muss, denn selbst wenn beide Stoffe sich im flüssigen Aggregatzustande befinden, begünstigt erst eine höhere Temperatur die chemische Verbindung, wie uns die unter dem chemischen Einfluss der Wärme angeführten Beispiele zeigen.

Als Vertreter der Wärme werden wir das Licht, welches mitunter eine höhere Temperatur ersetzt, ferner selbst die Elektricität, indem sie auch Temperaturerhöhung bewirkt, anzusehen haben, und in gewissen Fällen als begünstigende Einflüsse durch die chemische Verbindung betrachten dürfen. In seltenen Fällen aber wird die chemische Verbindung gasförmiger Stoffe durch ihre Ausdehnung begünstigt.

Verschiedene Wirkungsäusserung chemischer Verwandtschaft und die hypothetischen Ursachen chemischer Verbindungen.

§. 83. Die der Entstehung der chemischen Verbindung zum Grunde liegende Ursache äussert ihre Thätigkeit aber nicht allein auf jene einfache Weise, sondern tritt verschiedener Art auf. Begreifen unsere Beispiele, welche wir zur Erläuterung benutz-

ten, auch meistens nur solche Verbindungen in sich, die durch die einfache Vereinigung zweier einfachen Stoffe entstehen, so gaben uns doch mehrere schon die Beweise, dass die Wirkungsäusserung der Affinität verschieden auftritt, wie uns das Beispiel des gegenseitigen Austausches lehrt. Nehmen wir eine Trennung des einen oder andern Bestandtheils einer chemischen Verbindung wahr, so kann hier von keiner Repulsion die Rede sein, sondern sie ist auch Folge der Thätigkeit chemischer Anziehung, denn die Trennung geschieht in der Regel durch Hinzutreten eines andern Körpers, welcher sich einen der die Verbindung bildenden Stoffe auswählt, um eine neue Verbindung hervorzurufen; man nennt daher diese Art der Wirkungsäusserung chemischer Verwandtschaft gewöhnlich Wahlverwandtschaft, welche sich in mehrfacher Weise äussert.

Wird die Verbindung zweier Körper durch das Hinzutreten eines dritten aufgehoben, indem dieser hinzutretende Körper sich mit einem der vorher verbundenen vereinigt und dadurch den andern ausstösst, so nennt man dieses Auftreten der Verwandtschaftskraft einfache Wahlverwandtschaft.

Wird die Verbindung $B + C$ mit dem Körper D in Berührung gebracht, so verbindet sich D mit B und es entsteht also eine Verbindung von $B + D$, während C ausgestossen wird.

Oder wird, um ein specielles Beispiel zu geben, metallisches Kalium mit Wasser in Berührung gebracht, so verbindet sich dasselbe vermöge seiner Neigung zum Sauerstoff mit dem des Wassers, während der Wasserstoff in Gasform entweicht. Wird kohlen-saurer Kalk mit Schwefelsäure übergossen, so verbindet sich dieselbe mit dem Kalk zu schwefelsaurem Kalk (Gyps) und treibt die Kohlensäure aus; die Verwandtschaft der Schwefelsäure zum Kalk ist also stärker als die der Kohlensäure. Kommen aber zwei zusammengesetzte Körper mit einander in Berührung und tauschen ihre Bestandtheile gegenseitig aus, so nennt man diese Art der Verwandtschaftsäusserung doppelte Wahlverwandtschaft.

$B + D$ und $C + A$ geben $A + B$ und $C + D$.
An Beispielen solcher Art besitzt die Chemie einen grossen Reichthum; es mögen daher einige Erwähnung finden. Lässt man schwefelsauren Kalk und kohlen-saure Talkerde längere Zeit mit einander in Berührung, so entsteht schwefelsaure Talkerde und kohlen-saurer Kalk. Chlornatrium und schwefelsaure Talkerde geben, gemeinschaftlich in Wasser aufgelöst, krystallisirtes schwefelsaures Natron und Chlormagnesium.

Ein noch anderes Auftreten der Thätigkeit der chemischen Verwandtschaftskraft ist die prädisponirende Verwandtschaft, welche sich dann äussert, wenn der Körper die Verbindung zweier andern vermittelt oder vielmehr verursacht, dass ein anderer Körper einer chemischen Verbindung den einen ihrer Bestandtheile entreisst.

Der Körper A ist nicht im Stande, wenn er mit der Verbindung $B + C$ in Berührung kommt, eine Trennung dieser Bestandtheile

zu bewirken und dadurch eine neue Verbindung zu erzeugen; gesellt sich aber ein anderer Körper $D + E$ hinzu, so wird in Folge dessen A ermächtigt, seine Verwandtschaft zu B und C geltend zu machen. Zink mit Wasser in Berührung gebracht, wird gegenseitig keine Einwirkung hervorrufen; sobald aber Schwefelsäure (Schwefel + Sauerstoff) hinzugesetzt wird, erfolgt eine Zersetzung des Wassers, indem das Zink sich mit dem Sauerstoff des Wassers vereinigt und die Schwefelsäure zu dem entstandenen Zinkoxyd Verwandtschaft zeigt, wodurch alsdann schwefelsaures Zinkoxyd entsteht.

Endlich äussert sich die Verwandtschaft aber auch noch in einer eigenthümlichen und häufig vorkommenden Weise, nämlich so, dass zwei Körper sich in mehreren Verhältnissen mit einander verbinden, sodass der Körper A mit dem Körper B nicht einfach die Verbindung $A + B$ giebt, sondern $A + 2B$, $A + 3B$ u. s. w. giebt, woraus folgt, dass nicht allein chemisch verschiedene Körper mit einander verbunden neue chemische Verbindungen hervorrufen, sondern solche auch dadurch entstehen, dass dieselben Körper sich in mehreren Verhältnissen vereinigen.

(Hierüber giebt uns später dieser und der mathematische Theil den genauesten Aufschluss.)

Nachtrag. Zu unterscheiden ist von der wirklich chemischen Verbindung die Auflösung oder Lösung eines Salzes in einer Flüssigkeit, z. B. Wasser, Weingeist u. s. w. Wenn man derselben auch eine Anziehung oder eine Art von Verwandtschaft zu Grunde legt, so äussert sich diese doch in einem weit schwächeren Grade, da die Lösung einen bedeutendern Grad von leichter Zersetzbarkeit besitzt, welche nebst dem stattfindenden unbestimmten Verhältnisse zwischen den Bestandtheilen einer Lösung diese wesentlich von der eigentlichen chemischen Verbindung unterscheidet. Ausserdem ist aber noch dem Charakter der Lösung hinzuzufügen, dass die Bestandtheile nie so verändert werden und überhaupt die physischen Eigenschaften gleichsam das arithmetische Mittel derselben sind. Endlich könnte man auch noch zum Unterschiede beider anführen, dass die der Lösung zum Grunde liegende Anziehungskraft ihre Wirkungsäusserung an den mehr oder weniger kleinsten Theilchen zu erkennen giebt, wiewohl doch im Allgemeinen nicht zu leugnen ist, dass die Auflösung oder Lösung als eine gewisse Abstufung chemischer Verbindung zu betrachten ist und eine ganz scharfe Grenze nicht gezogen werden kann.

Aufhebung chemischer Verbindungen.

§. 84. Wir haben nun hier zwar die verschiedenen Abstufungen chemischer Verbindungen vorgeführt, fragen wir uns nun aber, was die Erfahrung über die Stärke der Verwandtschaftsäusserung gelehrt hat, so kommen wir zu der allgemeinen Regel (welche be-

reits angeführt wurde), dass sie sich am stärksten unter den Körpern äussert, welche in ihren chemischen Eigenschaften sehr differiren. Wirkliche Säuren verbinden sich sehr schwierig unter einander, während sie mit den, rücksichtlich ihres chemischen Charakters, ihnen entgegenstehenden Basen Verbindungen eingehen. Eine andere auf Erfahrung gegründete Regel für die Stärke der Verwandtschaft ist die, dass sie sich desto mehr vermindert, je zusammengesetzter die Natur der Körper ist.

Unter einfachen Körpern tritt die Verwandtschaft also am stärksten auf, weshalb sie schwieriger zersetzbar sind als solche, welche aus mehreren zusammengesetzt sind; dies finden wir namentlich bei den Verbindungen organischer Natur; denn diese werden wegen ihrer complicirteren Natur leichter zersetzt als jene.

Wir können hieraus die Folgerung machen, wie auch schon aus den gegebenen Beispielen hervorgeht, dass die Verwandtschaft nicht allein die wesentlichste Ursache chemischer Verbindung, sondern auch die der Aufhebung derselben ist. Denn wir haben gesehen, dass, vermöge der Verwandtschaft, gewisse Substanzen andere aus ihren Verbindungen verdrängen, wodurch eine Aufhebung der bestehenden Verbindung bewerkstelligt wird.

Wir haben uns aber bereits im dritten Capitel überzeugt, dass sowohl die Wärme als auch das Licht und namentlich die Elektrizität durch ihre Wirkungen im Stande sind, Veranlassung zur Aufhebung chemischer Verbindungen zu geben, wiewohl sie, wenn auch in anderer Weise, doch auch die chemische Verbindung begünstigen.

Was das Licht und die Wärme anbetrifft, so verweisen wir auf den Paragraphen, welcher über die chemischen Wirkungen dieser ätherischen Stoffe handelt; von der Zersetzung chemischer Verbindungen durch den elektrischen Strom haben wir uns schon überzeugt und werden wieder darauf zurückkommen.

Endlich ist aber auch die Cohäsion von wesentlichem Einflusse auf die Aufhebung chemischer Verbindung, indem bei Auflösung eines festen Körpers die Cohäsion desselben dem Auflösungsmittel entgegenwirkt und die Verwandtschaft bei der Entstehung von Verbindungen modificirt. Wir werden häufig wahrnehmen, dass, wenn sich mehrere Körper im aufgelösten Zustande befinden, sich eine schwer lösliche, gar unlösliche Verbindung der Verwandtschaftsordnung ganz entgegengibt. Z. B. eine Auflösung von salpetersaurem Baryt und schwefelsaurem Kali mit einander vermischt werden sich in der Weise zersetzen, dass sich schwefelsaurer Baryt und salpetersaures Kali bilden, wiewohl man dieses nicht erwarten sollte, da bereits die schwächere Basis mit der schwächeren Säure, und die stärkere mit der stärkeren verbunden ist. Dieser Vorgang beruht aber namentlich auf der Cohäsion, welche zwischen den Theilchen des schwefelsauren Baryts sich geltend macht, die so bedeutend ist, dass er sich als unlösliche Verbindung ausscheidet.

Nebenumstände der chemischen Zersetzung.

§. 85. Die chemische Zersetzung ist von mancherlei Erscheinungen begleitet, namentlich zieht sie eine Temperaturveränderung nach sich, die gewöhnlich eine Erhöhung derselben ist und oft zu heftiger Feuerscheinung gesteigert wird, obgleich man eigentlich erwarten sollte, da bei der Verbindung der Körper gewöhnlich Wärme frei wird, dass bei ihrer Trennung an und für sich eine eben so grosse Wärmemenge latent wird.

Wenn sich Stoffe aus ihren Lösungen ausscheiden, so findet Wärmeentwicklung statt, indem die Wärme der Flüssigkeit wieder frei wird, welche die aufgelöst gewesenen Stoffe absorbirt hatten.

Jedoch sind auch manche Zersetzungen von einer Temperaturerniedrigung begleitet, wenn nämlich die Zersetzungskörper gasförmiger Natur sind. Entwickelt sich z. B. Kohlensäure aus damit begabten Wasser, so erfolgt eine Temperaturerniedrigung.

Die chemischen Zersetzungen sind auch häufig von elektrischen Erscheinungen begleitet. Setzt man z. B. oxalsaures Silberoxyd der Hitze aus, so zersetzt sich dasselbe in Silber und Kohlensäure unter Entwicklung von Elektrizität.

Sind die Zersetzungsstoffe, deren immer wenigstens zwei entstehen, gasförmiger Natur, so wird sehr häufig die Erscheinung des Aufbrausens und Verpuffens wahrgenommen.

Ueber die Entstehung und Entwicklung der Verwandtschaftslehre.

§. 86. Nach unserm Raisonnement wird also die Verwandtschaftskraft mit ihren verschiedenen Modificationen als die hypothetische Hauptursache der chemischen Verbindung und Zersetzung angenommen; wir werden aber später sehen, obgleich wir uns überzeugen, dass sich manche Erfahrungssätze hierauf stützen, dass sich nicht jede chemische Action auf diese Weise erklären lässt.

Zuvor wollen wir aber uns mit den früheren Ansichten über die chemische Vereinigung der Stoffe bekannt machen.

Wir werden nun, die Geschichte der Wissenschaft verfolgend, bis zu Boerhave, der, wie in Capitel 4 erwähnt worden ist, den Ausdruck Verwandtschaft zur Erklärung der chemischen Vereinigung in die Chemie einführte, zurückgehen müssen, denn dieser führte zuerst dieses Wort in dem jetzt gebräuchlichen Sinne in die Wissenschaft ein, während Berzelius dasselbe in dem gewöhnlichen Sinne, auch in Bezug auf die Aehnlichkeit der Körper, gebrauchte.

Bergman legte dem chemischen Process ebenfalls eine Anziehungskraft zu Grunde und betrachtete die Verwandtschaft als eine eigenthümliche Naturkraft, die er von den übrigen uns im ersten Capitel bekannt gewordenen Kräften unterschied. Er hielt ihre Wirkungen

für constant und glaubte, sie nach bestimmten Regeln voraussagen zu können. Nach Bergman's Ansicht über Wahlverwandtschaften (denn von ihm wurde sowohl einfache als doppelte Wahlverwandtschaft unterschieden) zersetzt ein Stoff eine andere Verbindung, je nach seiner specifischen Verwandtschaft zu einem Bestandtheile derselben, entweder gar nicht oder vollkommen, mag das Zersetzungsproduct fest, flüssig oder gasförmig sein.

Berthollet dagegen, welcher sich überhaupt um die Verwandtschaftslehre sehr verdient machte, that dar, dass die der Verwandtschaft zugeschriebenen Erscheinungen lediglich ins Gebiet der Erfahrung gehören und dass diese Vorausbestimmung nur da geschehen könne, wo die Verwandtschaft modificirt auftritt.

Die chemische Verwandtschaft ist nach ihm als die wahrscheinliche Ursache chemischer Vereinigungen zu betrachten; sie ist jedoch nicht als eine allgemeine Grundkraft anzusehen, sondern sie macht sich nur unter gewissen Umständen geltend. Nach ihm besitzen alle Körper chemische Anziehungskraft, welche sich durch fremde Hindernisse nur nicht immer geltend machen kann. Nach Berthollet können sich alle mit einander verwandten Körper in allen Verhältnissen zu chemischen Verbindungen vereinigen, wenn die Verbindungen Flüssigkeiten sind und die Cohäsion oder die Elasticität keine Grenzen setzt.

Er glaubte übrigens die Aeusserung der Verwandtschaft namentlich von dem Mengenverhältniss, in welchem die sich verbindenden Körper zu einander stehen, abhängig und berücksichtigte zuerst, dass die Quantität eines Körpers Einfluss auf die Verbindung hat. Ist die Verwandtschaft eines Körpers zu einem andern nur schwach, so kann sie durch die Masse verstärkt werden. Es wird daher eine schwächere Verwandtschaft durch die Masse unterstützt, um an und für sich stärkeren das Gleichgewicht halten zu können.

Dies streitet gerade nicht wieder die Erfahrung, denn es lassen sich Beispiele anführen, wo wir diese Behauptung bestätigt sehen. Wird z. B. essigsaurer Kalk mit Chlorwasserstoffsäure destillirt, so erhält man im Destillat freie Essigsäure; destillirt man dagegen Chlorcalcium mit Essigsäure, so findet man destillirt freie Chlorwasserstoffsäure; man sieht also, dass die Essigsäure hier durch ihre Menge eine Zersetzung bewirkt.

Kommt ein Körper A mit $B + C$, welche sich beide mit A zu verbinden streben, in innige Berührung, so richtet sich die Vereinigung nicht allein darnach, welcher die grösste Affinität besitzt, und ob dessen Menge zur Sättigung von A hinreicht, sondern er wird sich unter beide im Verhältniss ihrer chemischen Masse vertheilen. Dieses Gesetz kann nach Berthollet nur dann Ausnahmen erleiden, wenn durch Cohäsion (worunter er Schwerlöslichkeit versteht) und Elasticität (Bestreben, in den gasförmigen überzugehen, also Expansion) das Gleichgewicht gestört wird.

Es wird also nach jenem Gesetze, wenn der Körper B zu A eine grössere Verwandtschaft hat als zu C, kein vollständiger Austausch geschehen, so dass $A + B$ entsteht, und C frei wird, wie

es nach der einfachen Wahlverwandtschaft geschehen müsste, sondern A wird sich in B und C theilen, so dass $A + B$ und $B + C$ entstehen. Nach Berthollet wird also, um dies durch ein specielles Beispiel zu erläutern, wenn man salpetersaures Kali mit Schwefelsäure versetzt, die Basis unter beide Säuren, je nach dem Verhältniss der Menge derselben, getheilt, und es wird daher in dem Gemisch Salpetersäure, Schwefelsäure, salpetersaures Kali und schwefelsaures Kali enthalten sein.

Jedoch streitet dieses gegen die Erfahrung, denn es ist uns bekannt, dass bei Einwirkung der Schwefelsäure auf salpetersaures Kali eine wirkliche Zerlegung stattfindet, und sich schwefelsaures Kali bildet, während die Salpetersäure aus ihrer Verbindung ausgeschieden wird. Ausserdem giebt es aber noch manche andere Fälle, die gegen diese Behauptung streiten.

Ebenso nimmt Berthollet die Theilung an, wenn zwei Salze, wie z. B. salpetersaures und schwefelsaures Natron aufgelöst und mit einander vermischt werden. Es findet nämlich Theilung einer jeden Säure in die vorhandenen Basen, und jeder Basis in die beiden Säuren statt, woraus dann die vier Salze hervorgehen müssen, nämlich salpetersaures Kali, salpetersaures Natron, schwefelsaures Kali und schwefelsaures Natron. Diese Salze können so lange neben einander bestehen, bis durch irgend eine Ursache eines derselben aus dem Kreise entfernt wird, wie sich hier z. B. bei Verminderung des Lösungsmittels, das schwefelsaure Kali, ausscheidet. Hier ist also auch von keinem wirklichen Austausch, von einer doppelten Wahlverwandtschaft im Sinne Bergman's keine Rede.

Nach Berthollet kann keine vollständige Zersetzung erfolgen, wenn nicht das Product flüchtig oder unlöslich ist; dieses ist eine Ansicht, welche im Allgemeinen sich auch noch den jetzigen Erfahrungen anpassen lässt. Eine Vertheilung erfolgt nach Berthollet jedoch immer, selbst wenn wir keine äussere Erscheinung, keine Ausscheidung wahrnehmen.

Jener Annahme zufolge, dass, wenn in einer Flüssigkeit sich mehrere Salze befinden, eine Vertheilung stattfindet, würde man in einem Mineralwasser die Salze dadurch bestimmen, dass man die Säuren und Basen ermittelte und annähme, dass alle Basen verhältnissmässig unter den Säuren vertheilt wären. Ist diese Ansicht auch naturgemäss, so scheint es doch auf der andern Seite wahrscheinlich, dass die stärkere Säure mit der stärkern Basis und die schwächere Säure mit der schwächern Basis verbunden ist.

Wenn nun auch manche Erscheinungen sich wohl nach Berthollet's Theorie erklären lassen, so möchte sie dennoch wohl nicht als die richtige anzusehen sein, da sie die Thätigkeit einer besonderen Verwandtschaft ausser Augen lässt und nur auf Menge und physikalische Eigenschaften Rücksicht nimmt. Dennoch gebührt ihr manches Verdienst und deshalb wird sie auch von Einfluss bleiben; namentlich ist anzuerkennen, dass diese Theorie gewiss die physikalischen Verhältnisse (Cohäsion und Expansion) bei Betrachtung der Verwandtschaftserscheinungen im Auge hatte.

Die Berthollet'schen Lehren fanden im Anfange viele Anhänger, da ihre consequente Durchführung weniger Annahmen zur Erklärung fast aller damals bekannten Affinitätserscheinungen führte; namentlich aber lehnten sich die Anhänger der Bergman'schen Ansichten dagegen, bis endlich die Entdeckung der bestimmten Proportionen den Berthollet'schen Theorien entgegentrat und Proust die Unrichtigkeit derselben durch die den chemischen Verbindungen zum Grunde liegenden, unabänderlich bestimmten Zusammensetzungsverhältnisse zu beweisen suchte. Denn natürlich stand diese Behauptung den Ansichten von Berthollet feindselig gegenüber, da derselbe annahm, dass die Bestandtheile zu wahren chemischen Verbindungen sich entweder in allen Verhältnissen vereinigen können oder gewissen Grenzen unterworfen sind, die einmal von der Masse, zweitens von der Cohäsion und Elasticität abhängig sind.

Die Entdeckung der bestimmten Proportionen, eine der wichtigsten Entdeckungen für die Chemie, wovon später die Rede sein wird, beschäftigte die Chemiker so sehr, um bestimmte Gesetze zu entwerfen, dass man sehr wenig die Ursache der Affinität zu erforschen suchte, bis man später die Verwandtschaft im Zusammenhang mit andern Kräften zu erkennen suchte und neue Hypothesen aufstellte, nachdem die Verwandtschaftserscheinungen durch die elektrischen Eigenschaften der verschiedenen Körper bedingt worden. (Siehe elektrochemische Theorie.)

Katalyse.

§. 87. Wenn wir nun auch die chemische Verwandtschaft als die hypothetische Hauptursache chemischer Verbindungen annehmen, so giebt es doch chemische Actionen, die sich nicht als die Wirkung dieser Ursache betrachten lassen. Es giebt nämlich Körper, welche auf andere, wenn sie mit denselben in Berührung kommen, so einwirken, dass durch ihre Gegenwart Verbindungen zerstört und hervorgerufen werden, ohne dass die geringste Quantität von dem Urheber dieser chemischen Thätigkeit in die neuen Producte eingeht.

Berzelius hat diesen Chemismus einer andern Kraft oder einer besonderen Art von Verwandtschaft zugeschrieben, welche er übrigens ebenfalls in Zusammenhang mit elektrischen Eigenthümlichkeiten zu bringen suchte. Er nannte sie katalytische Kraft (von καταλύειν, auflösen, zerstören) und bezeichnete den Vorgang selbst als Katalyse, der übrigens von andern Chemikern als Wirkung durch Contact benannt worden ist.

Als Beispiel der Wirkung dieser Kraft gehört die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds durch Berührung mit Platin, Silber, Gold u. s. w. hierher. Diese Zersetzung erfolgt nämlich bloß durch Berührung dieser Metalle mit jener Verbindung, ohne dass die geringste Quantität derselben in diese Verbindung eingeht. Auf dieselbe Weise werden das flüssige Wasserstoffsulphid und eine

Auflösung des unterschwefelsauren Ammoniaks durch jene Körper zersetzt. Besonders reich ist aber die organische Chemie an solchen chemischen Vorgängen, und wir können als Beispiele folgende Verwandlungen hierher zählen, die durch die Einwirkung von Schwefelsäure (bei mässig erhöhter Temperatur) auf organische Substanzen hervorgerufen werden; die Verwandlung des Stärkemehls, Gummis und Rohrzuckers in Stärkemehlgummi und Krümelzucker, die Zersetzung des Zuckers in Gummi und Wasser u. s. w.

Auch die Aetherbildung wurde der Wirkung der katalytischen Kraft zugeschrieben; jedoch lässt sich diese sehr gut auf andere Weise erklären, und hat ihre Erklärung in der Entstehung und Zerlegung von doppeltschwefelsaurem Aethyloxyd gefunden. Auch die Vereinigung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas durch fein zertheiltes Platin unter Entwicklung von Licht und Wärme wurde der katalytischen Kraft zugeschrieben, man hat aber auch später ihre Erklärung in der Condensation des Wasserstoffgases an der Oberfläche des Platins gesucht.

Wahrscheinlich wird man bei weiteren Fortschritten jene Prozesse auf eine genügende Weise erklären können, denn diese Hypothese dient doch nur, um eine Anzahl von Zerlegungen zu bezeichnen, für welche wohl später die Belege fehlen werden. Von manchen Chemikern wird ihre Annahme nicht als erforderlich betrachtet, und man sucht derartige chemische Vorgänge auf eine andere Weise zu erklären, wie uns schon die letzten Beispiele gelehrt haben; hoffentlich wird die Wissenschaft diese vis occulta, wie sie Berzelius nennt, zur Erklärung chemischer Actionen bald nicht mehr nöthig haben. Je weniger man sich mit der Annahme dieser mysteriösen Kraft begnügt, desto mehr wird man dahin gelangen, sie durch andere Erklärungs- und Deutungsweise der chemischen Vorgänge zu verdrängen. So hat Liebig z. B. die Metamorphosen organischer Substanzen, wie Gährung und Fäulniss, die Berzelius auch als die Wirkungen der katalytischen Kraft betrachtet hat, zu erklären gesucht, indem er von dem Satze ausgeht, dass einem in Ruhe befindlichen Körper durch einen in Bewegung befindlichen die Bewegung mitgetheilt wird; er betrachtet die Fermente als in Zersetzung und daher in Bewegung begriffene Körper, welche sie andern Substanzen mittheilen, die dadurch zur Zersetzung veranlasst werden.

Fünftes Capitel.

Die einfachen Grundlagen (Elemente) der chemischen Verbindungen.

Nomenclatur und etymologische Ableitung.

§. 88. Wie erwähnt, bilden bis jetzt 62*) unzerlegte Stoffe die Grundlage der chemischen Verbindungen, deren Nomenclatur wir

*) Ueber zwei neue Grundstoffe siehe die Anmerkung am Schlusse.

kennen lernen müssen, ehe von einer weitem Eintheilung und Gruppierung der Verbindungen die Rede sein kann. Wir lassen daher diese Elemente nebst ihren für die chemischen Formeln wichtigen symbolischen Zeichen und den bekannten specifischen Gewichten, zunächst ohne Rücksicht auf eine chemische Eintheilung, hier in alphabetischer Ordnung folgen; auch werden wir vorzugsweise dabei die etymologische Ableitung der Namen im Auge haben.

Aluminium. Z: Al. Spec. Gew. 2,67. Von alumen, Alaun. Bildet die Grundlage der Thonerdeverbindungen.

Antimon. Sb. Spec. Gew. 6,8. Der Name stammt wahrscheinlich von dem arabischen Athimad oder Atmad her. Nach Einigen von ἀντί, gegen, und monachus, Mönch, gleichbedeutend mit Stibium (στιμύλ und στιβί).

Arsen. As. Spec. Gew. 5,8. Von ἀρσενικόν oder ἄρρενικόν, (ἄρσην oder ἄρρην, männlich, kräftig, und von ἔικειν, ähnlich sein), womit man im Alterthum, wahrscheinlich wegen ihrer energischen Wirkung auf den Organismus, eine Verbindung des Arsens mit dem Schwefel bezeichnete.

Barium. Ba. Spec. Gew. 4,00. Von βαρύς, schwer, wegen des bedeutenden specifischen Gewichts seiner Verbindung mit Sauerstoff, der Baryterde, deren specifisches Gewicht 4,732 ist.

Beryllium. Br. Spec. Gew. Metallische Grundlage der Beryllerde, welche vorzüglich im Beryll, von βήρυλλος, Edelstein, vorkommt.

Blei. Pb. Spec. Gew. 11,4. Vom altdeutschen Bli oder von bleuen (schlagen), wegen der Hämmerbarkeit, ursprünglich wahrscheinlich aber vom lateinischen plumbum abgeleitet.

Boron. B. Spec. Gew. grösser als 1,850. Von Borax, eine Benennung, die aus dem Arabischen von baurac (Salpeter), weil man den Borax für eine Art Salpeter hielt.

Brom. Br. Spec. Gew. 2,98. Von βρῶμος, Gestank, wegen seines üblen Geruchs.

Cadmium. Cd. Spec. Gew. 8,6. Von καδμεία, Galmei, in welchem es namentlich vorkommt.

Calcium. Ca. Von calc. Durch die elektrische Säule aus der Kalkerde, deren specifisches Gewicht = 2,0 ist, abscheidbar.

Cerium. Ce. Spec. Gew. Nach dem von Piazzzi entdeckten Planeten Ceres benannt. Kommt vorzugsweise im Cerit vor.

Chlor. Cl. Spec. Gew. 2,44. Von χλωρός, grünlichgelb, wegen seiner Farbe.

Chrom. Cr. Spec. Gew. 5,9? Von χρώμα, Farbe, weil alle seine Verbindungen gefärbt sind.

Didym. D. Spec. Gew. Von δίδυμοι, Zwillinge, weil es gemeinschaftlich mit dem Lanthan im rohen Cesium vorkommt.

Eisen. E. Specifisches Gew. 7,8. Von aes, Erz. Seit den ältesten Zeiten bekannt.

Erbium. Er. Der Name ist von Ytterby, dem Fundorte des Gadolinit, in welchem dasselbe mit dem Terbium und Yttrium

vorkommt, abgeleitet, indem man die ersten drei Buchstaben der Benennung des Fundortes weggelassen hat.

Fluor. Fl. Spec. Gew. berechnet 4,289. Von fluo, fließen, weil es als die elementare Grundlage der Flusssäure im Flussspath angenommen wird.

Gold. Au. Spec. Gew. 19,2. Wahrscheinlich von gelb oder gelten abgeleitet.

Iod. I. Spec. Gew. 4,948. Von τὸ ἴον, das Veilchen, ἰώδης, veilchenfarbig, wegen der Aehnlichkeit der Farbe des Joddampfes mit der Veilchenfarbe.

Iridium. Ir. Spec. Gew. 48,65. Von iris, ἴρις, Regenbogen, rücksichtlich des Farbenspiels seiner meisten Salze.

Kalium. K. Spec. Gew. 0,865. Von Kali, der Verbindung des Kaliums mit Sauerstoff. Kali dagegen stammt aus dem Arabischen von Alkali (von al, dem Artikel, und Kali, Aschensalz).

Kobalt. Co. Spec. Gew. 8,7. Aus dem Böhmischen von kow, Erz, kowalty, erzhaltig; ebenso wahrscheinlich kommt der Name von Kobold her, womit die Bergleute einen bösen Berggeist zu bezeichnen pflegen. Ehe nämlich die Anwendung des Kobalts zur Erzeugung der schönen blauen Farbe bekannt war, wurden Kobalterze nicht gern gesehen, und sah man ihr Vorhandensein als eine Neckerei des Berggeistes an.

Kohlenstoff. C. Spec. Gew. 3,5. Der Name ist von Kohle, carbo, entnommen.

Kupfer. Cu, Spec. Gew. 8,9. Von cuprum oder aes cyprium (wie es früher die Römer nannten), und dieses von Κύπρος, Cyprien, weil die Alten fast alles Kupfer von der Insel Cyprien bekamen.

Lanthan. La. Spec. Gew. ? Von λανθάνειν, verborgen, versteckt sein; weil es in dem rohen Cerium sich lange Zeit versteckt hielt.

Lithium. Li. Spec. Gew. Metallische Grundlage des Lithion (Lithon) von ὁ λίθος, der Stein, λιθεῖος, steinern; weil die Verbindungen dieses Metalls zuerst und überhaupt nur im Mineralreiche angetroffen sind.

Magnesium. Mg. Spec. Gew. 4,87. Der Name ist der Magnesia alba entnommen. Diese Benennung legte man nämlich der basisch kohlensauren Bittererde bei, weil man in derselben eine Aehnlichkeit mit der Magnesia nigra (Braunstein) zu finden glaubte, indem man erkannte, dass sowohl in dieser als in jener eine Luftart enthalten ist, die beim Glühen entweicht. Später stellte sich jedoch heraus, dass die entweichenden Gase von einander verschieden sind, nämlich dass die in der Magnesia alba Kohlensäure und die in der Magnesia nigra Sauerstoff ist.

Mangan. Mn. Spec. Gew. 8,04. Der Name ist wahrscheinlich von μάγανον (Zaubermittel) entnommen, weil man früher den Braunstein mit dem Magneteisenstein verwechselte, den man wegen seiner eigenthümlichen magnetischen Anziehungskraft wohl als Zaubenstein betrachtet haben mochte. Als man aber die anziehende Kraft in den Manganerzen vermisste, nannte man diese Pseudo

magnes, und übertrug auf diese Weise den Namen des echten Zaubersteins μάγανον auf den falschen. *)

Molybdän. Mo. Spec. Gew. 8,6. Von μολύβδαινα, bei den Alten Bleierz bedeutend. Man hielt nämlich früher das Schwefelmolybdän für den ihm sehr ähnlichen Bleiglanz, und nannte beides μολύβδαινα, wovon, als es später gelang, ein besonderes neues Metall zu gewinnen, diesem der Name gegeben ist.

Natrium. Na. Spec. Gew. 0,972. Der Name ist dem Natron, der Verbindung des Natriums mit Sauerstoff, entnommen. Natron von dem Worte νίτρον oder nitrum, worunter die Alten überhaupt ein kohlen-saures Alkali zu verstehen schienen.

Nickel. Ni. Spec. Gew. 8,8. Der Name rührt von dem in mehreren Gegenden Deutschlands gebrauchten Schimpfwort Nickel her. Seiner Farbe wegen hielt man nämlich den Kupfernickel für ein Kupfererz, und wegen der vergeblichen Bemühungen, aus diesem Mineral Kupfer zu gewinnen, mochte man ihm jenes erwähnte Schimpfwort beigelegt haben. Jedoch ist es auch möglich, dass, wie man im vorigen Jahrhundert das Nickel als ein besonderes Metall erkannte und keine Anwendung von demselben zu machen wusste, man deshalb ihm dieses Wort beilegte.

Niobinm. Nb. Nach Niobe (in der Mythe die Tochter des Tantalus) benannt, um die Aehnlichkeit mit dem nach letzterem benannten Metalle, Tantal, und dessen Oxyden anzudeuten.

Norium. No. Nach Noris, einer alten Gottheit Skandinaviens, benannt.

Osmium. Os. Spec. Gew. 10,0. Der Name kommt von dem griechischen Worte ὀσμή, Geruch, welcher ihm wegen des eigenthümlichen, chlorähnlichen Geruchs der Verbindungen des Metalls mit Sauerstoff beigelegt worden ist.

Palladium. Pd. Spec. Gew. 11,8. Die Benennung ist von dem durch Olbers 1802 entdeckten und als Pallas bezeichneten Planeten entlehnt.

Pelopium. Pl. Nach Pelops (dem Sohne des Tantalus) wegen seiner Aehnlichkeit mit dem Tantal so benannt.

Phosphor. P. Spec. Gew. 4,77. Der Name rührt von seiner Eigenschaft, im Dunkeln zu leuchten, her, und ist von φῶς, Licht, φέρω, ich trage, entnommen (also Lichtträger).

Platin. (Platina.) Pt. Spec. Gew. 21,4. Der Name stammt aus dem Spanischen; nämlich Platina ist das Diminutiv von Plata, der spanischen Benennung für Silber, wegen der weissen, der des Silbers ähnlichen Farbe.

Quecksilber. Hg. Spec. Gew. 13,56. (Hydrargyrum.) Von ὑδράργυρος (von ὕδωρ, Wasser, und ἄργυρος, Silber), Quecksilber oder eigentlich Quicksilber, also flüssiges Silber.

*) Es ist gewiss nicht unwahrscheinlich, dass die Namen Magnesia und Mangan mit der Benennung Magnet zusammenhängen, wenn man die frühere Verwechslung der Manganerze mit dem Magnet annimmt; und diese ist deshalb möglich, da mehrere jener Erze wirklich eine Aehnlichkeit mit dem Magneteisenstein haben.

Rhodium. R. Spec. Gew. 44. Diese Benennung wurde nach dem griechischen Worte ῥόδεος, rosig, gewählt, weil die sauren Lösungen desselben gewöhnlich schön rosenfarben sind.

Ruthenium. Ru. Spec. Gew. 8,6. Nach Ruthenia (Russland), weil es daselbst in den Platinerzen entdeckt wurde.

Sauerstoff. O. Spec. Gew. 4,4026. Der Name rührt davon her, weil er, obgleich von seinen Entdeckern als Lebensluft bezeichnet, von Lavoisier für einen wesentlichen Bestandtheil der Säuren gehalten wurde. Er nannte ihn daher Oxygène, Oxygenium, Sauerstoff (von ὀξύς, sauer, und γεννάω, ich erzeuge).

Schwefel. (Sulfur. Σελόν.) S. Spec. Gew. 4,99—2,00. Wahrscheinlich von dem deutschen schwelen abgeleitet, weil das Auslaugen des Schwefels einige Aehnlichkeit mit der Operation des Schwelens hat. *)

Selen. Se. Spec. Gew. 4,3. Von σελήνη, der Mond, weil dasselbe ein gewöhnlicher Begleiter des Tellurs (von tellus, die Erde) ist.

Silber. Ag. Spec. Gew. 10,6. Die Bezeichnung bezieht sich wahrscheinlich auf die Farbe dieses Metalls; sie ist von ἄργυρος, Silber, von ἄργός, weiss, entnommen.

Silicium. Si. Spec. Gew. grösser als 4,850? Von silex, Kieselstein, und dieses wahrscheinlich von χάλιξ.

Stickstoff. N. Spec. Gew. 0,976. (Azot.) Die Benennung Stickstoff rührt daher, weil er ein nicht athembares Gas ist; die Benennung Azot bedeutet eben dasselbe und ist aus ζῶν, Leben, und dem α privativum gebildet worden.

Strontium. Sr. Der Name ist dem Mineral Strontianit, in welchem das Strontium vorkommt, entnommen worden. Dieses Mineral hat seinen Namen von seinem ausgezeichneten Fundorte Strontian in Schottland empfangen.

Tantal. Ta. Der Name ist aus der Eigenschaft des Oxyds (der Tantalsäure), nicht in Säuren aufgelöst zu werden (welches sehr auffallend erschien) entstanden, indem Ekeberg es mit der bekannten Fabel vom Tantalus verglich, der bis ans Kinn im Wasser stand, ohne seinen Durst stillen zu können.

Tellur. Te. Spec. Gew. 6,25. Von tellus, die Erde.

Terbium. Tb. Diese Benennung ist von Ytterby (dem schwedischen Fundorte der Yttererde, mit welcher die Terbinerde dort zusammen vorkommt) durch Weglassung der ersten beiden Buchstaben gebildet worden.

Thorium. Th. Nach dem Mineral Thorit, in welchem es vorkommt, benannt. Thorit hat seinen Namen von Thor, einer skandinavischen Gottheit, empfangen.

Titan. Ti. Spec. Gew. 5,2. Nach den himmelstürmenden Titanen benannt. Dasselbe erhielt von seinen beiden Entdeckern verschiedene Namen, nämlich von Gregor (1794) wurde es Menachin und von Klaproth (1794) wurde es Titan genannt.

*) Schwelen, von schwellen (aufblähen), pflegte früher die absteigende Destillation genannt zu werden.

Uran. U. Spec. Gew. 9,0. Die Benennung ist nach dem Planeten Uranus gewählt worden.

Vanadium. V. Nach Vanadis, dem Beinamen der nordischen Göttin Freya, benannt.

Wasserstoff. (Hydrogenium.) H. Spec. Gew. 0,0688. Der Name rührt daher, weil er einen Bestandtheil des Wassers ausmacht. Hydrogenium ist aus ὕδωρ, Wasser, und γεννάω, ich erzeuge, zusammengesetzt.

Wismuth. B. Spec. Gew. 9,8. Dieser Name wurde nach Matthesius dem Metalle von den Bergleuten gegeben, um das Buntangelaufene zu bezeichnen, weil es wie eine schöne Wiese (Wiesenmatte) blühe, worauf allerlei Blumen stehen.

Wolfram. W. Spec. Gew. 17,6. Nach dem Minerale Wolfram benannt. Dieses hat wahrscheinlich seinen Namen von wolfrig (wie ein Wolf fressend) empfangen.

Yttrium. Y. Spec. Gew. Nach dem ersten Fundorte Ytterby benannt.

Zink. Zn. Spec. Gew. 6,86. Von dem deutschen Worte Zinken (Zacken), in Bezug auf die Eigenschaft des Metalls, sich in den Oefen zackenförmig anzulegen.

Zinn. Sn. Spec. Gew. 7,29—7,3. Ist wahrscheinlich das veränderte Wort von stannum.

Zirconium. Zr. Von Zirkonerde, welche ihren Namen von dem Mineral Zirkon erhalten hat. Diese Benennung soll ceylanischen Ursprungs sein. *)

Gruppierung der Elemente.

§. 89. Jeder dieser hier aufgeführten Stoffe, die wir also als die einfachen Grundlagen chemischer Verbindungen betrachten, ist zwar sowohl durch physikalische als auch chemische Eigenschaften von den anderen unterschieden, aber dennoch sind gewisse Reihen unter ihnen, die im Allgemeinen eine Aehnlichkeit haben, so dass man zu der Eintheilung von Metallen und Nichtmetallen gekommen ist; Andere theilen die sämtlichen Elemente in Metalle und Metalloide (von dem Wort Metall und von οἶδ, ähnlich). Von Andern wieder werden endlich jene Nichtmetalle (auch Ametalle, von dem Worte Metall und dem griechischen α privativum gebildet) in Metalloide und Oxygenoide eingetheilt. Was die zuerst angegebene Eintheilung in Metalle und Nichtmetalle anbelangt, so beruht sie hauptsächlich auf einer Differenz rücksichtlich der physikalischen Eigenschaften. Unter Metallen versteht man diejenigen Elemente, welche einen eigenthümlichen Glanz, eine gewisse Dehnbarkeit, Schmelzbarkeit besitzen und gute Leiter der

*) Nach den neuesten Forschungen von Dr. Bergemann in Bonn ist die Zahl der 62 Elemente um ein von ihm in den Zirkonsyenit (von Breriz in Norwegen) neues Metall vermehrt. Er nennt dasselbe Donarium. Do. (von 7,35 spec. Gew.), nach dem germanischen Gott Donar. (S. Pogg. Annal. Bd. LXXXII. pag. 561.) Die Existenz des Ilmeniums ist bestritten.

Wärme und Elektricität sind; zu den Nichtmetallen dagegen zählt man diejenigen, welche jenes Glanzes ermangeln und sowohl schlechte Wärmeleiter als Elektricitätsleiter sind. Zu den nichtmetallischen Stoffen zählt man: Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel, Selen, Phosphor, Bor, Kiesel. Die eigentlich gebräuchlichste Eintheilung, nach Berzelius und Anderen, in Metalle und Metalloide beruht ebenfalls auf den physikalischen Eigenschaften der Elemente, und zwar zählt Berzelius sämtliche nichtmetallische Stoffe, ausser Selen, zu den Metalloiden. Da aber das Wort Metalloid metallähnlich bedeutet, so dürfte auch diese Eintheilung nicht für alle bezeichnend sein, denn z. B. Sauerstoff, Chlor, Brom u. s. w. sind durchaus keine metallähnliche, sondern sowohl rücksichtlich ihrer physikalischen als auch chemischen Eigenschaften den Metallen ganz entgegengesetzt. Nicht unpassend haben daher einige Chemiker, und zwar namentlich Duflos, eine Eintheilung vorgeschlagen, welche wenigstens zu gleicher Zeit mehr die chemischen Eigenschaften zur Grundlage genommen hat; dieses ist nämlich die Eintheilung der nichtmetallischen in zwei Gruppen, in die der Metalloide, welche Wasserstoff, Kohlenstoff, Bor, Kiesel, Phosphor und Stickstoff in sich begreifen, und in die der Oxygenoide (in ihrem Verhalten dem Sauerstoff ähnliche), welche Sauerstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel und Selen umfassen. Diese Eintheilung ist deshalb nicht zu verwerfen, da die Oxygenoide als wirkliche Gegensätze der Metalle und die hier als Metalloide genannten den Metallen mehr oder weniger ähneln und den Uebergang zu ihnen bilden. Oder auch könnte man jene als Oxygenoide aufgeführten geradezu, da sie doch Gegensätze der Metalle bilden, Ametalle nennen, und den für die übrigen gebrauchten Collectivnamen beibehalten. Der Eintheilung in nichtmetallische Elemente und in Metalle zufolge würden wir also 43 Nichtmetalle haben, und die übrigen 49 Elemente würden zu den Metallen gezählt werden müssen.

Diese zerfallen in leichte Metalle und schwere Metalle.

A) Leichte Metalle.

- a) Alkalimetalle: Kalium, Natrium, Lithium.
- b) Metalle der alkalischen Erden: Barium, Strontium, Calcium.
- c) Metalle der eigentlichen Erden: Magnesium, Aluminium, Beryllium, Zirkonium, Yttrium, Erbium, Terbium. Thorium, Norium, Cer, Lanthan, Didym. Diese letzteren drei bilden den Uebergang zu der folgenden Gruppe.

B) Schwere Metalle.

- a) Uedle Metalle: Mangan, Eisen, Nickel, Cobalt, Uran, Kupfer, Zink, Blei, Cadmium, Wismuth.
- b) Edle Metalle: Quecksilber, Silber, Palladium, Platin, Iridium, Rhodium, Ruthenium, Osmium, Gold.

c) Elektronegative Metalle: Zinn, Antimon, Arsen, Tellur, Titan, Niobium, Pelopium, Tantal, Wolfram, Molybdän, Vanadium, Chrom.

Mögen wir nun eine Eintheilung nehmen, welche wir wollen, so wird keine von der Art sein, dass die eine Classe von der andern streng abgegrenzt ist, denn die Natur lässt sich nicht in unsere Systeme einschränken. Im Ganzen hat man diesen Classificationen mehr die physikalischen Eigenschaften zu Grunde gelegt, wo aber diese nicht ausreichten, die chemischen zu Hülfe genommen, d. h. ihr Verhalten gegen einander berücksichtigt.

Um uns zu überzeugen, wie wenig präcis diese Eintheilung ist, brauchen wir nur einige Elementarstoffe zu beleuchten.

Das Jod wird von allen Chemikern zu den nichtmetallischen Elementen gezählt, obgleich es metallischen Glanz hat, weil es auf der andern Seite ein Nichtleiter der Elektrizität ist und in seinem chemischen Verhalten eine gewisse Analogie mit dem Brom und Chlor zeigt. Das Selen kann eben so gut unter die Metalle als unter die nichtmetallischen oder vielmehr unter die Metalloide gezählt werden; unter jene ersteren, weil es, rücksichtlich seiner physikalischen Eigenschaften, metallischen Glanz hat und hinsichtlich seines chemischen Verhaltens dem metallischen Tellur sehr nahe kommt; unter die nichtmetallischen Stoffe dagegen, weil es ein Nichtleiter der Elektrizität ist und hinsichtlich seines chemischen Auftretens dem Schwefel ähnlich ist. Das Arsen wird von vielen Chemikern unter die Metalloide gezählt, weil es in seinen Verbindungsverhältnissen eine Aehnlichkeit mit dem nichtmetallischen Phosphor zeigt und Nichtleiter der Elektrizität ist, während dasselbe auf der andern Seite wegen seines metallischen Glanzes auch unter die Metalle gezählt werden kann.

Wir sehen aus diesen Beispielen hinreichend, wie schwierig es ist, wenn wir sowohl die physikalischen als auch chemischen Eigenschaften berücksichtigen, eine scharfe Grenze zwischen den nichtmetallischen Stoffen und den Metallen zu ziehen; solches ist bis jetzt auch noch nicht genügend gelungen, da gleiche physikalische Eigenschaften und gleiche chemische nicht immer zusammentreffen.

Obgleich sich nun eine solche strenge Eintheilung der Stoffe nicht durchführen lässt, so ist es dennoch erforderlich, um einen Ueberblick über das Lehrgebäude zu haben, dass man zu gruppieren sucht und kleinere Gruppen aus den Elementen bildet, welche in ihrem chemischen Verhalten eine ziemliche Aehnlichkeit zeigen, wobei dann auch oft die physikalischen Eigenschaften berücksichtigt werden können.

Solche Gruppen hat man aus der Zusammenstellung von drei Elementen (Triaden) gebildet; z. B. Chlor, Brom, Jod; Schwefel, Selen, Tellur; Phosphor, Arsen, Antimon; Kalium, Natrium, Lithium; Barium, Strontium, Calcium; Wolfram, Vanadium, Molybdän; Mangan, Eisen, Nickel, Kobalt; Platin, Iridium, Palladium u. s. w.

Uebrigens kann auch bei einer solchen Eintheilung von keiner Vollkommenheit die Rede sein, da die Abgrenzung nicht schroff

genug ist. Rücksichtlich des Aggregatzustandes giebt es fünf gasförmige Elemente: Sauerstoff, Fluor, Chlor, Stickstoff, Wasserstoff; zwei tropfbarflüssige: Brom und Quecksilber. Die übrigen Elemente sind sämmtlich feste oder starre Massen. *)

Sechstes Capitel.

Die verschiedenartigen chemischen Verbindungen. (Nomenclatur und Classification.)

Ueber organische und unorganische Verbindungen im Allgemeinen.

§. 90. Aus den aufgeführten einfachen Elementen werden also zusammengesetzte Körper hervorgerufen, oder vielmehr die uns bekannten chemischen Verbindungen können nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft nur aus jenen 62 Grundstoffen bestehen. Im Allgemeinen trennen wir diese zusammengesetzten Körper in organische und unorganische, d. h. in Verbindungen, welche nur in den Organismen der Pflanzen und Thiere erzeugt vorkommen und aus den ihnen angehörenden Theilen dargestellt werden können, und in Verbindungen, welche das Mineralreich bilden und vorzugsweise unsere Erdrinde constituiren.

Jedoch lässt sich die Grenze nicht so streng ziehen, da wir auch in den organischen, namentlich in den thierischen Körpern Verbindungen rein unorganischer Natur antreffen, die sogar zum Bau der Geschöpfe unumgänglich nothwendig sind.

Wir kommen einer Grenze näher, wenn wir den Begriff von organischen Verbindungen insofern beschränken, dass wir nur solche zu ihnen zählen, die durch den Lebensprocess gebildet werden und aus der Vereinigung von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und endlich des Stickstoffs in bestimmten Verhältnissen gebildet werden, geschehe dieses nun durch unmittelbare Aufnahme dieser Stoffe, oder durch Zersetzung. Als Verbindungen dieser Art können wir namentlich den Faserstoff, Eiweis, Gummi, Chlorophyll, Pflanzenschleim und die organischen Pflanzenbasen aufführen, zusammengesetzte Körper, die sich auf künstlichem Wege nicht erzeugen lassen; dagegen können wir freilich Stärkezucker und Essigsäure auf künstlichem Wege erzeugen, jedoch werden sie immer aus Substanzen organischer Natur gewonnen.

Einer streng abgeschiedenen Grenze treten aber noch andere Hindernisse entgegen, da es Verbindungen rein organischer Natur giebt, welche, wie z. B. die Kleesäure, sich auch aus Verbindungen unorganischer Natur darstellen lassen. Indessen können hier nur die Zweifel entstehen, ob die Kleesäure zu den Verbin-

*) Eine andere Eintheilung ist endlich noch die nach der elektrochemischen Theorie von Berzelius in elektronegative und elektropositive Elemente. (Siehe elektrochemische Theorie.)

dungen organischer oder unorganischer Natur zu zählen ist. Berücksichtigen wir aber den Ursprung, nämlich dass die Pflanze, aus der sie zuerst gewonnen wurde, ganz davon durchdrungen ist, und dass die Zusammensetzung Kohlenstoff und Sauerstoff ist, so würden wir die Oxalsäure doch immer zu den organischen Verbindungen zählen müssen; wenn sie auch, wie andere in dieser Weise ähnliche Verbindungen wirklich auf künstlichem Wege aus Substanzen unorganischer Natur hervorgerufen werden kann, so muss ihre Zusammensetzung doch immer mit der natürlich vorkommenden, wie wir sie in den Organismen vorfinden, identisch sein.

Geben wir auch zu, dass die Grenze zwischen den organischen und unorganischen Verbindungen nicht so scharf ist, so ist doch gewiss, dass die geringen zusammengesetzten Körper, welche den eigentlichen Organismus constituiren, noch nicht auf künstlichem Wege dargestellt worden sind, und daher ist gewiss die Eintheilung in organische und unorganische Verbindungen nicht unpassend.

Die organischen Verbindungen, deren uns jetzt durch das rastlose Streben der Chemie eine grosse Anzahl bekannt geworden ist, bestehen also, wie wir erwähnt, gewöhnlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, und zwar die Mehrzahl aus den drei oder allen vier Elementen, und die kleinere Zahl nur aus den beiden ersten. Ausserdem finden wir aber auch, gleichsam als Stellvertreter des einen oder andern Stoffes, in der chemischen Constitution Schwefel und Phosphor, wiewohl diese nur selten vorkommen. Bedenken wir nun, dass die grosse Anzahl organischer Verbindungen nur aus vier Elementen gebildet bestehen, und dagegen die der unorganischen Natur aus allen 62 Elementen gebildet sein können, so wird uns jedenfalls auf den ersten Augenblick ein Räthsel sein, wie es möglich ist, dass aus vier Elementen eine solche Mannichfaltigkeit chemischer Verbindungen hervorgeufen werden kann, während zu den unorganischen Verbindungen 62 Grundstoffe ihren Beitrag liefern.

Es ist bekannt, dass die vier Elemente der organischen Verbindungen in den verschiedensten Verhältnissen mit einander verbunden sind. Es sei z. B. eine Verbindung von A und B, welche den Körper C darstellt, so kann dieser von den beiden ihn constituirenden Elementen gleiche Theile enthalten; er kann aber auch von dem einem 2, 3, 4, 5 Theile enthalten und von dem andern nur einen Theil, so dass aus den verschiedenen Proportionen der Elemente gegen einander eine Reihe von Körpern entspringt, die in ihren Eigenschaften von einander abweichen. Man nimmt an, dass die Verbindungen aus sehr kleinen Theilchen, den Atomen (Siehe atomistische Theorie), bestehen, dass also z. B. zwei Atome des Körpers A sich mit drei Atomen des B zu C vereinigen.

Wir können also hieraus schliessen, dass durch die Quantität der Bestandtheile organischer Verbindungen ihre Mannichfaltigkeit bedingt wird, während die der unorganischen Verbindungen auf der Qualität ihrer Bestandtheile beruht.

Obgleich nun aber, wie wir gesagt haben, die Verschiedenheit der organischen Verbindungen durch das verschiedene quantitative Zusammentreten der Elemente bedingt wird, so könnte doch auf diese Weise, da die Stoffe sich nicht in jedem beliebigen Verhältnisse mit einander verbinden, nicht eine solche Anzahl vorhanden sein, wenn nicht durch das verschiedenartige Zusammentreten der Elemente Körper gebildet würden, die, obgleich sie zusammengesetzte sind, die Rolle einfacher Radicale spielen, oder vielmehr in den organischen Verbindungen den Platz einnehmen, welchen in den unorganischen Verbindungen die einfachen Stoffe (oder einfachen Radicale) einnehmen; wovon später (Siehe Theorie der organischen Verbindungen) ausführlich die Rede sein wird.

Fassen wir nun schliesslich den Hauptinhalt unsers Raisonnements über den Unterschied zwischen organischen und unorganischen Verbindungen zusammen, so können wir sagen, dass wir unter unorganischen Verbindungen, die weniger zusammengesetzten Körper, die allein oder vorzugsweise in der unbelebten Natur vorkommen oder aus den Substanzen derselben ohne Unterstützung des Lebensprocesses dargestellt werden können, und deren mannichfaltiger Charakter namentlich auf der Verschiedenheit der sie constituirenden Bestandtheile oder auf der Qualität derselben beruht. Man nennt daher auch wohl die Lehre von den unorganischen Verbindungen die Chemie der einfachen Radicale und ihrer Verbindungen, im Gegensatz zur organischen Chemie, welche als die Lehre von den zusammengesetzten Radicalen und ihren Verbindungen aufgeführt werden kann.

Im Gegensatze hierzu begreifen die organischen Verbindungen alle diejenigen zusammengesetzten Körper in sich, welche als Kohlenstoffverbindungen nur im eigentlichen Organismus vorkommen oder vorzugsweise gebildet werden, und deren Umänderungsproducte nicht aus rein unorganischen Substanzen gewonnen werden können; deren mannichfaltiger Charakter aber von der Quantität, in welcher die Elemente auftreten, abhängt.

Hieraus ergibt sich aber schon, dass eine Bekanntschaft mit den unorganischen Verbindungen den organischen vorausgehen muss, und deshalb müssen wir auch erst die Verbindungsordnungen kennen lernen, ehe wir zur Theorie der organischen Verbindungen übergehen.

Was die Nomenclatur der chemischen Verbindungen anbetrifft, so dürfte noch zuvor bemerkt werden, dass diese entweder empirisch oder rationell ist. Die empirische Nomenclatur ist entweder eine ganz willkührliche oder vielmehr irgend einer Eigenschaft der Verbindungen entnommen. Die rationellen Benennungen dagegen drücken die Zusammensetzung der Verbindung aus. Z. B. die Ausdrücke Aether, Alkohol, Salzsäure sind empirische Benennungen, während Aethyloxyd, Aethyloxydhydrat, Ghlorwasserstoffsäure der rationellen Nomenclatur angehören. Diese rationellen Namen sind daher für die Wissenschaft viel passender und namentlich zur Erlernung bei weitem instructiver, nur ist zu beklagen,

dass, da die rationelle Nomenclatur auf die Art und Weise der Zusammensetzung basirt ist und die Ansichten hierüber verschieden sind, es auch verschiedene rationelle Nomenclaturen giebt.

Dennoch hat man sich, um wissenschaftlich zu Werke zu gehen, der rationellen Nomenclatur zu bedienen, da doch diese, wie es vorzugsweise für die unorganischen Verbindungen durchführbar ist, immer eher die Classe und Ordnung angiebt, zu welcher die Verbindung gehört, und auf diese Weise namentlich dem Anfänger eine Erleichterung verschafft.

Classification der chemischen Verbindungen.

§. 91. Rücksichtlich der Anzahl der in chemischen Verbindungen vereinigten Elemente unterscheidet man binäre, trinäre, quaternäre und quinäre Verbindungen. Die binären enthalten zwei Elemente, wie z. B. das Natron (Natrium + Sauerstoff), das Schwefeleisen (Eisen + Schwefel) u. s. w. Die trinären bestehen aus drei Elementen, wie z. B. die Weinsäure ($C + H + O$) und andere organische Säuren. Die quaternären sind aus vier Elementen constituirt, wie z. B. die Harnsäure ($C + H + N + O$). Die quinären aus fünf Elementen bestehend, wie z. B. das bei Zersetzung der Galle entstehende Taurin ($C + H + N + O + S$).

Betrachten wir nun aber die Art und Weise, wie die chemischen Verbindungen sich vereinigen, so kommen wir nach der später zu entwickelnden elektrochemischen Theorie zu der Annahme, dass alle chemischen Verbindungen eigentlich binäre sind; denn nach der erwähnten Theorie enthält jede chemische Verbindung nur zwei Bestandtheile, nämlich einen elektropositiven und einen elektronegativen. Demnach müssen wir nun aber auch annehmen, dass nur ein einfacher Körper sich mit einem einfachen und ein zusammengesetzter nur mit einem zusammengesetzten verbinden kann. Denn wir wissen, dass z. B. das Zink sich nicht eher mit Schwefelsäure, also einem zusammengesetzten Körper, verbindet, als bis es Sauerstoff aufgenommen hat oder in ein Oxyd verwandelt worden ist. Jedoch ist dieses Gesetz nicht ohne Ausnahmen, denn wir wissen, dass z. B. das aus Stickstoff und Kohlenstoff bestehende Cyan sich mit Metallen verbindet, dass ferner das aus Stickstoff und Wasserstoff bestehende Ammonium sich mit Sauerstoff verbindet; aber dieses ist auch nur scheinbar, denn das Cyan und Ammonium verhalten sich nicht wie zusammengesetzte, sondern wie einfache Stoffe.

Betrachten wir im Allgemeinen nun die sämtlichen Verbindungen, in so fern wie sie durch Vereinigung entstehen, so müssen wir dieselben in mehrere Ordnungen eintheilen, und zwar in:

a) Verbindungen erster Ordnung oder solche, welche aus einem einfachen Elemente mit einem andern einfachen zusammengesetzt sind, wie z. B. die Verbindungen des Stickstoffes mit Sauerstoff zu Salpetersäure, das Kalium mit Sauerstoff zu Kali. Aber es sind auch solche Verbindungen hierher zu zählen, in denen

zusammengesetzte Körper die Stelle einfacher Elemente vertreten, wie z. B. Aethyloxyd (Aethyl + Sauerstoff). (Siehe die organischen Verbindungen.)

b) Verbindungen zweiter Ordnung. Diese werden gebildet, wenn Verbindungen der ersten Ordnung sich mit einem dritten einfachen Elemente oder sich unter einander vereinigen. So ist z. B. der Salpeter, aus Salpetersäure und Kali bestehend, eine Verbindung zweiter Ordnung. Hierher gehören überhaupt alle Verbindungen, welche aus einer Sauerstoffsäure und einem Metalloxyde bestehen (Sauersalze), alle Verbindungen aus zwei Schwefelmetallen (Schwefelsalze) u. s. w.

c) Verbindungen dritter Ordnung. Diese sind solche, welche aus der Vereinigung der Verbindungen zweiter Ordnung unter einander entstehen. Hierher gehört unter andern der Alaun, welcher aus schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali besteht.

d) Verbindungen vierter Ordnung, welche solche umfasst, die aus zwei Verbindungen der dritten Verbindung gebildet werden.

Oxydationsstufen.

§. 92. Unter Verbindungen erster Ordnung spielen die des Sauerstoffes mit einfachen Elementen oder Radicalen, oder auch mit einem zusammengesetzten Radicale die wichtigste Rolle. Diese Verbindungen sind aber auch die zahlreichsten, und daher legte man dem Sauerstoff eine solche ausserordentliche Wichtigkeit bei, dass man dessen Verbindungen als Anhaltcpunkt für andere entsprechende noch heute betrachtet.

Diese Sauerstoffverbindungen werden ihrem chemischen Verhalten und Auftreten nach in zwei Classen eingetheilt. Die Verbindungen der ersten Classe führen den Namen Oxyde (von οξύς, sauer, oder auch von dem lateinischen Namen des Sauerstoffes, dem Oxygenium). Sie sind die Verbindungen des Sauerstoffes mit einem mehr oder weniger elektropositiven Radicale.

Die Verbindungen der zweiten Classe sind solche Oxyde, welche durch Vereinigung des Sauerstoffes mit den mehr oder weniger elektronogativen Radicalen die sogenannten Säuren bilden, Verbindungen, die fähig sind, mit dem elektropositiven oder basischen Oxyde eine Vereinigung einzugehen. Die Zahl der Oxyde, welche wir Säuren nennen sowohl als auch die, welche jene Benennung beibehalten, sind sehr zahlreich, da der Sauerstoff mit sehr vielen Radicalen nicht bloß eine Verbindung eingeht, sondern verschiedene Stufen, welche man Oxydationsstufen nennt, bildet. Denn mit manchem Elemente, wie z. B. mit dem Wasserstoff, Quecksilber, bildet derselbe zwei Oxyde, mit dem Eisen, Antimon u. s. w. drei, mit dem Blei vier, und mit dem Mangan sogar fünf.

Die erste Classe der Oxyde zerfällt wieder 1) in solche Oxyde,

die nicht fähig sind, mit andern Oxyden, namentlich den Säuren, Verbindungen einzugehen, man nennt sie daher auch wohl neutrale Verbindungen des Sauerstoffs mit einem Radical. 2) in Oxyde, welche als salzfähige Grundlagen mit den elektronegativen Verbindungen oder Säuren Verbindungen eingehen. Sie sind die eigentlich elektropositiven Oxyde; man bezeichnet sie gewöhnlich als Sauerstoffbasen, basische Oxyde oder Basen. (Sieh diese.)

Die zuerst erwähnte Gruppe der Verbindungen mit andern unfähigen Oxyden spielen eine weniger wichtige Rolle; wir wollen ihr deshalb nur eine kleine Besprechung widmen, um rascher zu den wichtigen Oxyden übergehen zu können. Man unterscheidet Suboxyde und Superoxyde, richtiger Hypoxyde und Hyperoxyde (von ὑπο, unter, ὑπερ, über, und Oxyd).

Die Hypoxyde enthalten, als die niedrigste Oxydationsstufe des Körpers, bei welchem sie vorkommen, zu wenig Sauerstoff, um den Säuren gegenüber als wirkliche Sauerstoffbasen auftreten und mit diesen eine Verbindung eingehen zu können. Sie zerfallen daher stets, in Berührung mit Säuren, in Metall und ein höheres basisches Oxyd, welches sich alsdann mit der Säure verbindet.

Die Hyperoxyde bilden gewöhnlich die höchste Oxydationsstufe des Körpers, bei dem sie überhaupt vorkommen; sie zerfallen, der Einwirkung von Säuren ausgesetzt, in niedrigere Oxydationsstufen und Sauerstoff, wie z. B. das Manganhyperoxyd, Braunstein.

§. 93. Ungleich wichtiger ist aber die zweite Reihe, nämlich die der basischen Oxyde, welche mit elektropositiver Anziehungskraft begabt sind und daher die Befähigung in sich tragen, als wirkliche Basen mit den Säuren Verbindungen einzugehen. Richtiger dürften sie aber wohl Sauerstoffbasen genannt werden, da der Ausdruck Basen nicht allein diese basischen Metalloxyde in sich begreift, sondern, wie wir uns später überzeugen, einen allgemeineren Charakter in sich trägt, da uns noch andere Basen bekannt sind.

Anmerkung. Unter Basen versteht man nämlich salzfähige Grundlagen, welche mit einer elektropositiven Anziehungskraft begabt sind und daher eine Vereinigungsfähigkeit für mehr elektronegative Verbindungen in sich tragen. Ferner ist als Hauptcharakter anzuführen, dass sie aus einem Oxygenoid (Zünder) und einem einfachen oder zusammengesetzten Radical gebildet, bestehen, und dem elektrischen Strome ausgesetzt (Siehe Elektrolyse und elektrochemische Theorie) aus ihrer Verbindung mit Säuren am — Pol ausscheiden. Endlich aber tragen sie auch die Macht in sich, diejenige der Säuren zu vernichten, indem sie dieselben mehr oder weniger neutralisiren.

So viel zur Erläuterung des allgemeinen Begriffs von den Basen überhaupt; verweilen wir dagegen einstweilen nur bei den Sauerstoffbasen oder basischen Oxyden.

Bildet ein Radical mit dem Sauerstoff mehrere basische Oxyde, so sind dies gewöhnlich zwei Oxydationsstufen, von denen die am wenigsten Sauerstoff enthaltende oder niedere Stufe Oxydul, und die höhere Oxyd genannt wird. Kommt aber noch eine dritte Reihe vor, welche das $1\frac{1}{2}$ fache des Sauerstoffgehaltes des Oxy-

duls enthält, so nennt man dies Sesquioxydul; liegt noch eine vierte Stufe über dem Oxyd, so nennt man sie Sesquioxyd, welches anderthalb mal so viel Sauerstoff enthält als das Oxyd.

Fassen wir nun das über die Oxydationsstufen Gesagte schematisch zusammen, so würde solches sich in folgender Weise zusammenstellen lassen. Als basische Oxyde: die Oxydule, die Sesquioxydule, Oxyde und Sesquioxyde, als neutrale Oxyde oder solche, die sich mit andern Oxyden nicht vereinigen, die Suboxyde und Hyperoxyde.

Als Beispiel dafür, wie ein Radical, welches mit Sauerstoff die sämtlichen basischen Oxyde bildet, mögen die Oxydationsstufen des Iridium dienen, denn wir kennen ein Iridiumoxydul, Iridiums Sesquioxydul, Iridiumoxyd und Iridiums Sesquioxyd. Das Blei dagegen bietet uns ein Beispiel dar, dass der Sauerstoff mit manchen Radicalen sowohl verbindungs-fähige als verbindungs-unfähige Oxyde bildet, denn es existirt ein Bleisuboxyd, Bleioxyd (Base), Blei Sesquioxyd und Blei hyperoxyd. Zwei basische Oxyde eines und desselben Radicals, wie beim Iridium, Eisen, Quecksilber, Silber, Mangan kommen sehr häufig vor.

Anmerkung. Die Nomenclatur der Oxydationsstufen in fremden Sprachen, wie z. B. im Lateinischen, Englischen und Französischen, wird im Lateinischen für die gewöhnlichen basischen Oxyde, für das Oxydul und Oxyd, so gebildet, dass man dem Namen des lateinischen Ausdrucks für das Radical, *osum* und *icum*, anhängt und das *Oxydum* vorsetzt; z. B. Eisenoxydul = *Oxydum ferrosium*, Eisenoxyd = *Oxydum ferricum*. Der Franzose ändert die Endungen in *eux* und *ique* um und sagt Oxyde ferreux für Eisenoxydul und Oxyde ferrique für Eisenoxyd. Der Engländer hat die Endungen *ous* und *ic*; z. B. Ferrous Oxid = für die Oxydulverbindung und Ferric Oxid = für die Oxyde. Bei den Sesquioxyden ist die Nomenclatur sehr einfach, denn im Französischen sagt man Sesquioxyde, und im Lateinischen so wie im Englischen wird der vorhergehenden Oxydationsstufe nur das *Sesqui* vorgesetzt. Die Nomenclatur wird sich demnach so herausstellen:

Iridiumoxydul.	<i>Oxydum iridosum.</i>
Iridiums Sesquioxydul.	„ <i>sesquiiridosum.</i>
Iridiumoxyd.	„ <i>iridicum.</i>
Iridiums Sesquioxyd.	„ <i>sesquiiridicum.</i>
O. irideux.	Iridous O.
Sesquiox.	Sesquiiridous O.
O. iridique.	Iridic O.
Sesquiox.	Sesquiiridic O.

Uebrigens pflegen namentlich die Engländer und Franzosen, so wie auch einige deutsche Autoren, sich noch einer andern Nomenclatur für die verschiedenen Oxydationsstufen zu bedienen, indem sie die basischen Oxyde als erstes, zweites nennen und dazu die griechischen Zahlenwörter benutzen, indem sie Protoxyde, Deutoxyde sagen und für die höchste Stufe Peroxyde gebrauchen.

§. 94. Man pflegt nun gewöhnlich, um die Oxydationsstufen der einzelnen Elemente zu bezeichnen, dem Ausdruck für die betreffende Stufe ganz einfach den Namen des Elementes anzuhängen. Man nennt das Oxyd des Kaliums Kaliumoxyd, das des Natriums Natriumoxyd, das des Magnesiums Magnesiumoxyd, das des Bariums Bariumoxyd u. s. w. Jedoch hat man für viele Metalloxyde die Ausdrücke beibehalten, welche man ihnen früher gegeben hatte, ehe man wusste, dass sie aus Metallen und Sauerstoff be-

stehen; man pflegt daher für Kaliumoxyd Kali, für Natriumoxyd Natron, für Magnesiumoxyd Magnesia, für Bariumoxyd Baryt u. s. w. zu gebrauchen.

§. 95. Was die Eintheilung der eigentlich basischen Oxyde anbelangt, so bezeichnet man die des Kaliums, Natriums, Lithiums als Alkalien, von Kalk abgeleitet. Sie sind die stärksten Basen und ihre Metalle sind die elektropositivsten Elemente. Zu den Alkalien wird dann noch das Oxyd des zusammengesetzten Radicals, Ammonium, gezählt.

Die zweite Gruppe ist die der alkalischen Erden und umfasst die Oxyde des Bariums, Strontiums, Calciums und des Magnesiums.*) Die dritte Gruppe umfasst die Oxyde der eigentlichen Erden, zu denen die Oxyde des Aluminiums, Berylliums, Zirkoniums, Yttriums, Erbiums, Terbiums und Thoriums gehören.

Die vierte, fünfte und sechste Gruppe schliessen die Oxyde der schweren Metalle in sich und zwar die vierte Gruppe die Oxyde der unedeln Metalle, zu denen das Cer, Lanthan und Didym den Uebergang bilden. Diese Gruppe umfasst ausser diesen drei genannten die Oxyde des Mangans, Eisens, Nickels, Kobalts, Urans, Kupfers, Zinks, Cadmiums, Bleis, Wismuths. Die fünfte Gruppe umfasst die Oxyde des Quecksilbers, Silbers, Palladiums, Platins, Iridiums, Rhodiums, Rutheniums, Osmiums und Golds. Die sechste Gruppe umfasst endlich die Oxyde der negativen Metalle, welche aber nur als schwache Oxyde aufgeführt werden können; zu ihnen zählt man Zinn, Antimonium, Tellur, Titan, Niobium, Tantal, Wolfram, Molybdän, Vanadium, Chrom.

§. 96. Die Verbindungen des Sauerstoffs mit Elementen zweiter Classe sind solche, welche mit mehr oder weniger negativen Radicalen verbindungsfähige Oxyde geben, die wir Säuren oder richtiger Sauerstoffsäuren nennen.

Unter Säuren verstehen wir im Allgemeinen die elektronegativen Verbindungen eines Oxygenoids oder eines Zünders mit einem Radical, welche aus ihren Verbindungen mit den Salzbasen, im Fall sie nicht zersetzt werden, im elektrischen Strom am + Pol ausscheiden. Sie reagiren auf blaue Pflanzenfarben, schmecken sauer und neutralisiren die Salzbasen mehr oder weniger. Die Sauerstoffsäuren, von denen hier zunächst die Rede ist, enthalten ein einfaches oder zusammengesetztes Radical.

Der Sauerstoff bildet mit einem und demselben Radical verschiedene, als Säuren auftretende Oxydationsstufen; wir kennen z. B. vom Schwefel:

a) die Schwefelsäure (S O_3) und schweflige Säure (S O_2), als sogenannte Monothionsäure (von $\mu\acute{\epsilon}\nu\omicron\varsigma$, einzeln, und $\theta\epsilon\iota\omicron\nu$, Schwefel), da das Radical der Säure im einfachen Verhältnisse mit dem Sauerstoff verbunden oder vielmehr nur ein Atom Schwefel in diesen Verbindungen enthalten ist; b) Unterschwefelsäure

*) Die Oxyde des Magnesiums werden von Einigen auch zu den eigentlichen Erden gezählt.

($S_2 O_5$) und unterschweflige Säure ($S_2 O_2$) als Dithionsäuren; c) Trithionsäure ($S_3 O_5$) oder geschwefelte Unterschweifelsäure; d) Tetrathionsäure ($S_4 O_5$) oder zweifach geschwefelte Unterschweifelsäure; e) Pentathionsäure ($S_5 O_5$) *).

Wir haben also hier sieben als Säuren auftretende Oxydationsstufen des Schwefels und nach der Atomzahl des Schwefels benannte fünf Säuren.

Aus diesem Beispiel der Schwefeloxydationen ergibt sich die Nomenclatur, die man gewöhnlich für die Sauerstoffsäuren überhaupt hat; denn man bezeichnet die verschiedenen Stufen bei den Säuren auf eine etwas andere Weise als bei den Basen, so wird die niedrigere Oxydationsstufe durch Flexion des Radicals, indem man demselben die Endung ige giebt, gebildet. Kommen niedrigere unter höhern Oxydationsstufen vor, so setzt man für die erstern noch die Partikel unter, und für die letztern über vor, wie z. B. Ueberchlorsäure, Chlorsäure, chlorige Säure, unterchlorige Säure.

Anmerkung. Die Nomenclatur in fremden Sprachen wird gebildet, indem sie für die Endung ige, im Lateinischen osum, im Englischen ous, und im Französischen eux gebrauchen; für die übrigen Reihen benutzt man unter, hypo, und für über hyper. Demnach würde, indem wir das hier gegebene Beispiel der Oxydationen des Chlors beibehalten, man diese auf folgende Weise bezeichnen:

Acidum hyperchloricum.	Hyperchlorid Acid.	Acide hyperchlorique.
„ chloricum.	Chloric „	„ chlorique.
„ chlorosum.	Chlorous „	„ chloreux.
„ hypochlorosum.	Hypochlorous „	„ hypochloreux.

§. 97. Einige nichtmetallische Oxyde lassen sich nicht in die Abtheilungen bringen, weil sie wegen schwacher Verwandtschaft keine Verbindungen eingehen, z. B. Phosphoroxyd und Stickstoffoxydul. Auch sind eigentlich das Stickstoffoxyd und das Kohlenoxyd hierher zu zählen; jedoch könnten diese schon eher in unsere gemachten Abtheilungen eingereiht werden, da das erstere basische Eigenschaften zeigt, indem es sich z. B. mit Schwefelsäure vereinigt, und das Kohlenoxyd, ein zusammengesetztes Radical bildend, sich mit Chlor verbindet.

§. 98. Rücksichtlich des basischen und sauren Charakters der Oxyde muss bemerkt werden, dass dieser nicht bei allen entscheidend auftritt. Die Alkalien und die ihnen zunächst stehenden Erden treten stets als Basen auf und sind auch als die stärksten Basen zu betrachten, so wie die höhern Oxydationsstufen der elektro-negativen Körper stets als Säuren auftreten, wie z. B. die Chlorsäure, Schwefelsäure u. s. w. Dagegen zeigen aber die schwächeren Oxydationsstufen einen Wechsel ihrer elektrochemischen Natur, wie wir dies später noch deutlicher hervorheben werden, denn manche treten bald als Säuren, bald als Basen auf.

Wir werden später sehen, dass man nach der elektrochemi-

*) Die Nomenclatur der drei letzteren ist ebenfalls aus dem Griechischen entnommen und auf dieselbe Weise aus den griechischen Zahlwörtern und δειον gebildet worden.

schen Theorie jede chemische Verbindung als einen elektrischen Process sich zu denken hat, indem man den einen Bestandtheil als den elektropositiven und den andern als den elektronegativen betrachtet.

Schwefelungsstufen.

§. 99. Der Schwefel zeigt in seinen Verbindungen mit andern Elementen eine grosse Analogie mit den Oxydationsstufen und verdient deshalb, wenn man unter den nichtmetallischen Elementen eine Gruppe der Oxygenoide abtheilt, den ersten Platz unter diesen einzunehmen. Verbindet sich der Schwefel mit einfachen oder zusammengesetzten Radicalen in mehreren Verhältnissen, so nennt man diese Verbindungsstufen (den Oxydationsstufen gleich) Schwefelungsstufen. Diese sind gewöhnlich den Sauerstoffverbindungen proportional, d. h. der Schwefel bildet die Stufen mit einem Radical in denselben Verhältnissen, in welchen der Sauerstoff mit diesen Oxydationsstufen bildet, wiewohl dieses nicht immer der Fall ist und der Schwefel sich mit manchem Radicale in mehreren, mit andern in wenigern Verhältnissen verbindet. Eine grosse Analogie spricht sich aber dadurch aus, dass es sowohl Schwefelungsstufen giebt, welche den früher erwähnten Suboxyden, als auch solche, die den eigentlichen Oxyden, d. h. den Basen und Säuren, entsprechen. Man hat daher zwei Classen zu unterscheiden, nämlich erstens die mit Suboxyden und Superoxyden correspondirenden Subsulfurete und Supersulfurete, die sich unter einander nicht verbinden; zweitens Sulfide und Sulfurete, welche sich unter sich zu Salzen verbinden. Die Sulfide sind als elektronegative Schwefelungsstufen zu betrachten und werden gewöhnlich Sulfosäuren genannt, während die Sulfurete eine elektropositive Rolle spielen und als Sulfobasen angesehen werden. Jedoch ist der elektrochemische Charakter auch bei ihnen nicht constant, da manche Schwefelverbindungen, wie manche Oxydationsstufen, sich sowohl elektropositiv als auch elektronegativ verhalten.

Was die Nomenclatur der Sulfide anbetrifft, so ist diese sehr einfach, wenn nur eine elektronegative Verbindung des Elements existirt; man nennt z. B. die Verbindung des Wasserstoffs mit dem Schwefel Wassersulfid (Schwefelwasserstoff), weil sich diese als Sulfosäure verhält. Giebt es aber mehrere Verbindungen, so entsprechen sie ganz der Bezeichnung der Sauerstoffsäuren des Elements, wenn deren ebenfalls mehrere existiren; z. B. antimoniges Sulfid entspricht der antimonigen Säure, und Antimon-sulfid der Antimonsäure, lateinisch Sulfidum stibiosum und Sulfidum stibicum. Die am meisten Schwefel enthaltende Sulfosäure wird sehr häufig Persulfid genannt, z. B. Antimonpersulfid.

Uebrigens kommt auch vor, dass eine der Sauerstoffbase entsprechende Verbindung eine Sulfosäure ist, so ist z. B. die dem Zinnoxid analoge ein Zinnsulfid, also eine Sulfosäure. Ueberhaupt

bilden vorzugsweise Zinn, Arsen, Antimon, Molybdän, Wolfram u. s. w. mit dem Schwefel Sulfosäuren.

Die Nomenclatur der Sulfurete, wenn solche mehrere von einem Elemente vorkommen, welche man im Allgemeinen auch wohl Schwefelmetalle zu nennen pflegt, wird gebildet, indem man die dem Oxydul entsprechenden Sulfurete, dem Oxyde entsprechenden Bisulfurete, und je nach den Verhältnissen, in welchen der Schwefel mit dem Metalle vereinigt ist, Trisulfuret, Quadrisulfuret, Quinquesulfuret u. s. w. nennt; übrigens pflegt man die Verbindung mit dem meisten Schwefelgehalt auch wohl Persulfuret zu nennen, so sagt man für die Verbindungsstufen des Schwefels mit dem Kalium: Kaliumsulfuret (Einfach-Schwefelkalium), Kaliumbisulfuret (Zweifach-Schwefelkalium), Kaliumtrisulfuret (Dreifach-Schwefelkalium), Kaliumquadrisulfuret (Vierfach-Schwefelkalium), Kaliumquinquesulfuret oder Kaliumpersulfuret (Fünfach-Schwefelkalium). In diesen Verbindungen sind nämlich die Verhältnisse des Schwefels zum Kalium wie 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1.

Die den Sesquioxyden entsprechenden Verbindungen nennt man Sesquisulfurete. Dem Schwefel gleich verhalten sich das Selen und Tellur, jedoch sind ihre Verbindungen noch nicht so genau studirt worden. Berzelius nannte diese vier Säuren und Basen bildenden Elemente den Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur: Corpora amphigenia (von ἀμφω, beide, und γεννάω, ich erzeuge).

Verbindungen der Salzbilder.

§. 100. Als negativ sich ergebende Elemente, welche ebenfalls mit den Oxydationsstufen proportionale Verbindungen erster Ordnung bilden, haben wir hier das Chlor, Brom, Jod, Fluor zu erwähnen, denen sich das aus Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzte Radical, das Cyan, anschliesst, anzuführen. Jedoch hält man sie nicht für elektropositiv und elektronegativ genug, um als Säuren und Basen auftreten zu können, und betrachtet sie ziemlich allgemein als neutrale Salze (Siehe Haloidsalze), indem man jene Elemente Salzbilder nennt. Dahin können jedoch nur die mit den niedrigen Oxydationsstufen proportional zusammengesetzten Verbindungen jener Elemente gezählt werden, denn die mit den höhern und den Sauerstoffsäuren correspondirenden weichen sehr von jenen Haloidsalzen ab. Jene Salze werden mit der Endung id und ür versehen (Siehe Haloidsalze), und die letztern werden z. B. für Chlorverbindungen als Superchloride und Superchlorüre bezeichnet.

Die den Superoxyden entsprechenden Superchloride zerfallen sehr leicht; jedoch sind die mit den Sauerstoffsäuren correspondirenden beständiger. Die der Antimonsäure entsprechende Chlorverbindung ist also ein Antimonsuperchlorid, die der arsenigen Säure entsprechende ein Arsensuperchlorid. Jedoch findet diese Nomenclatur keine Anwendung auf alle Verbindungen dieser Elemente mit andern nichtmetallischen Elementen, von denen nur eine Ver-

bindung existirt; so sagt man z. B. ganz einfach Chlorkiesel, dagegen giebt es aber vom Kohlenstoff ein Kohlenstoffchlorid und Kohlenstoffsüberchlorür.

Verbindungen der Salzbilder mit dem Wasserstoff.

Wasserstoffsäuren.

§. 401. Eine besondere Art von Säuren wird durch die Vereinigung der Salzbilder mit dem Wasserstoff gebildet, welche äusserlich viel Aehnlichkeit mit den Sauerstoffsäuren haben; wenn jedoch sie mit Basen zusammenkommen, so vereinigt sich der Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Base zu Wasser, und der Salzbilder mit dem Radical derselben zu einem Haloidsalze. Wasserstoff macht natürlich in ihnen den elektropositiven Bestandtheil aus. Man unterscheidet Wasserstoffsäuren mit einfachen und zusammengesetzten Salzbildern; zu den ersteren gehören die Chlor-, Brom-, Jod- und Fluorwasserstoffsäuren, zu den letzteren die Cyan-, Mellanwasserstoffsäuren u. s. w. Nach v. Bonsdorf würde man sie Chlorsäuren, Cyansäuren zu nennen haben. Die Verbindungen des Wasserstoffs mit dem Schwefel, Selen und Tellur gehören nicht hierher, weil sie im Stande sind, wirkliche Salze mit manchen Basen zu bilden.*)

Classification der Säuren.

§. 402. Wollen wir uns nun einen systematischen Ueberblick über die besprochenen Säuren und Basen, als Verbindungen erster Ordnung, verschaffen, so würden im Allgemeinen die Sauerstoffsäuren 1) in unorganische Säuren und 2) in organische Säuren oder Sauerstoffsäuren eingetheilt werden müssen.

Die erste Gruppe oder die der unorganischen Säuren zerfällt wieder in a) nichtmetallische Säuren, wie z. B. Schwefelsäure ($S + O$), Chlorsäure ($Cl + O$), Bromsäure ($Br + O$), Salpetersäure ($N + O$); b) metallische Säuren, z. B. Mangansäure ($M + O$), Wolframsäure ($W + O$) u. s. w.

Die zweite Gruppe umfasst die organischen Säuren oder Sauerstoffsäuren, mit zusammengesetztem Radical. Hierher gehören z. B. Aepfelsäure, Citronensäure, Essigsäure, Gerbsäure, Chinasäure u. s. w., sämmtlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehend, und ferner solche, welche Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff enthalten, wie z. B. Harnsäure, Hippursäure. (Siehe übrigens die Eintheilung der organischen Verbindungen.)

Als zweite Hauptclasse würden die Wasserstoffsäuren, wozu wir die bekannten Chlor-, Brom- und Jodwasserstoffsäuren zählen, aufzuführen sein.

*) Als Verbindungen erster Ordnung sind auch noch die Verbindungen des Kiesels, Bors, Phosphors u. s. w. zu nennen, welche sich sehr denen der Metalle unter einander nähern.

§. 103. Eine andere Eintheilung würde die sein, welcher man entweder die Verschiedenheit des elektronegativen Elements oder sogenannten Säurezeugers oder die Verschiedenheit des Radicals zu Grunde legt.

Bei Berücksichtigung des erstern haben wir demnach *a)* Sauerstoffsäuren, *b)* Sulfosäuren, *c)* Chlorsäuren, *d)* Bromsäuren, *e)* Jodsäuren, *f)* Fluorsäuren, *g)* Selensäuren zu unterscheiden. Nach der Verschiedenheit des Radicals *a)* metallische Säuren, *b)* nichtmetallische Säuren, *c)* Wasserstoffsäuren, *d)* organische Säuren.

Je nach der Zahl der Elemente, welche die Säuren enthalten, zerfallen sie, wie schon hieraus hervorleuchtet, in *a)* binäre, z. B. Oxalsäure ($C + O$), *b)* ternäre, z. B. Weinsäure ($C + H + O$), *c)* quaternäre, z. B. Harnsäure ($C + H + N + O$).

Classification der Basen.

§. 104. Die allgemeinste Eintheilung der Basen ist die in 1) unorganische Basen oder Basen mit einfachem Radical, z. B. Quecksilberoxyd, Kaliumoxyd, Kaliumsulfuret u. s. w.; 2) organische Basen oder Basen mit zusammengesetztem Radical, z. B. Morphin, Chinin, Strychnin u. s. w.

Je nach der Verschiedenheit des Radicals würde die erste Classe oder die der unorganischen Basen wieder in zwei Unterabtheilungen zerfallen, nämlich in *a)* Metallbasen (Bleioxyd) und *b)* Wasserstoffbasen (Ammoniak). Nach der Verschiedenheit des Basenbilders oder Zünders zerfallen die Basen in 1) Sauerstoffbasen und 2) Sulfobasen.

Je nach der Anzahl der Elemente, welche in den verschiedenen Basen mit einander verbunden sind, zerfallen sie ebenfalls in binäre, ternäre, quaternäre.

Anmerkung. Nach Bonsdorf's Ansicht würden wir nun auch hier noch Chlorobasen, Brombasen, Jodbasen, Fluorbasen neben den Sauerstoffbasen und Sulfobasen anzuführen haben, da derselbe jene Verbindungen der Salzbilder in Säuren und Basen eintheilt, indem er auf der andern Seite die Wasserstoffsäuren als Chlorsäuren, Cyansäuren u. s. w. benennt. (Siehe über diese Ansicht von Bonsdorf den Artikel der Haloid-salze.)

Salze.

§. 105. Ehe man erkannte, dass auch Salze aus einem Salz-bilder und einem Metall bestehen können, verstand man unter Salzen Verbindungen einer Säure und Basis, und zwar bezog sich dieser Begriff, bevor man die Verbindungen der elektropositiven Sulfurete und elektronegativen Sulfide in die Kategorie der Salze zählte, nur auf die Verbindungen der Sauerstoffsäuren mit Sauerstoffbasen.

Wie man sich aber überzeugte, dass es ausserdem salzartige Verbindungen giebt, dass namentlich das Kochsalz und andere aus einem Salz-bilder und einem Metall bestehenden Verbindungen ebenfalls als Salze zu betrachten seien, dehnte sich jener Begriff weiter

aus, so dass die Definition von den Salzen umfassender gegeben werden musste.

Allgemein versteht man daher jetzt unter Salzen solche Verbindungen, die entweder aus einem elektropositiven und einem elektronegativen Radical mit einem Säuren- und Basenbilder bestehen, oder aus einem elektropositiven Radical mit dem sogenannten Salz- bilder (elektronegativen Radical) zusammengesetzt sind.

Amphidsalze.

§. 406. Die grösste Zahl der einfachen Salze machen die sogenannten Amphidsalze (von ἀμφώ, beide, doppelt, und ἵδουαι, aussehen, erscheinen) aus, und gehört sämmtlich den Verbindungen zweiter Ordnung an. Dieser Collectivname würde demnach eigentlich Doppelsalze bedeuten; jedoch ist die Benennung von Berzelius gewählt worden, weil sowohl in der Säure als auch in der Basis ein und dasselbe elektronegative Element, gewöhnlich der Sauerstoff, mit dem Radical verbunden und also in jedem Salze doppelt erscheint oder enthalten ist.

Die Amphidsalze unterscheiden sich durch die verschiedenen Säuren- und Basenbilder von einander; unter ihnen sind die Sauerstoffsalze, aus einem elektronegativen und elektropositiven Oxyde bestehend, nicht allein die zahlreichsten, sondern auch die wichtigsten.

Weniger bedeutend ist die hierher gehörende Reihe der Schwefelsalze, welche aus einer Sulfosäure und Sulfobasis zusammengesetzt sind.

Zu erwähnen sind endlich noch die dieser Classe angehörenden Selen- und Tellursalze, welche übrigens noch sehr wenig der Gegenstand genauer Untersuchungen waren.

Sauerstoffsalze.

§. 407. Diese aus einer Sauerstoffsäure und Sauerstoffbasis bestehenden Salze müssen am meisten die Aufmerksamkeit des Chemikers auf sich ziehen. In ihnen ist der Sauerstoff der Säuren- und Basenbilder, so dass sie wenigstens aus drei Grundstoffen bestehen, nämlich aus einem Radical, welches mit dem Sauerstoff eine Basis bildet, und einem Radical, welches mit dem Sauerstoff eine Säure hervorruft. Da aber die Radicale nicht allein einfache sind, sondern auch zusammengesetzte sein können, so haben wir unter den Sauerstoffsalzen verschiedene Gruppen zu machen, die sich demnach von einander unterscheiden, ob die Säuren und Basen binäre, ternäre oder quaternäre Verbindungen sind. So ist z. B. schwefelsaures Natron ein aus drei Grundstoffen oder zwei binären Bestandtheilen bestehendes Salz. Essigsäures Bleioxyd dagegen enthält eine binäre Basis und eine ternäre Säure $= \text{PO. C}_4 \text{H}_3 \text{O}_3$. Ein Sauerstoffsalz aus ternärer Basis und binärer Säure zusammengesetzt ist z. B. schwefelsaures Ammoniumoxyd $= \text{H}_4$

NO, SO₃. Ein aus einer ternären Säure und quaternären Basis zusammengesetztes Salz ist z. B. essigsaurer Chinin = C₂₀ H₂₄ N₂ O₂ C₄ H₃ O₃.

§. 108. Ehe wir uns weiter über die Natur der Sauerstoffsalze ausprechen, mag jedoch zunächst die im Ganzen sehr einfache Nomenclatur Erwähnung finden.

Wie wir schon aus den angeführten Beispielen ersehen, wird bei Bezeichnung eines Sauerstoffsalzes die Säure in adjectivischer Form vor den für die Basis gebrauchten substantivischen Ausdruck gesetzt, man sagt daher schwefelsaures Natron, schwefligsaures Natron, unterschwefligsaures Natron u. s. w. In der lateinischen Nomenclatur wird die Benennung der Säure substantivisch gebraucht und der in adjectivischer Form bezeichneten Basis vorangesetzt; so sagt man z. B. für schwefelsaures Natron und kohlen-saurer Kalk Sulfas natricus und Carbonas calcicus. Jedes kohlen-saure Salz bezeichnet man als Carbonas und jedes schwefelsaure als Sulfas, jedes schwefligsaure als Sulfis, jedes unterschwefelsaure Hyposulfas und jedes unterschwefligsaure als Hyposulfis. Auch pflegt man wohl in der deutschen Nomenclatur die schwefelsauren Salze Sulfate und die schwefligsauren Sulfite, und die kohlensauren Carbonate zu nennen. Die englische und französische Nomenclatur ist auf die Weise gewählt, dass man sowohl den Namen der Säure als auch den der Basis substantivisch gebraucht, indem man zwischen beide eine Partikel einschaltet. So wird man z. B. in der französischen und englischen Sprache für phosphorsauren Kalk Phosphate de chaux und im Englischen Phosphate of lime sagen müssen.

§. 109. Berücksichtigen wir nun die Natur der Salze, so finden wir, dass die Basis und Säure sich in gewissen Stufen vereinigen, d. h. in manchen Salzen halten sie sich das Gleichgewicht, indem sie sich gegenseitig abgestumpft haben; in solchen herrscht weder Säure noch Basis vor, so dass man ihnen die Neutralität beilegt. Man nennt sie deshalb auch neutrale Salze, dagegen diejenigen, in welchen die Säure vorherrscht, werden saure, und diejenigen, in welchen die Basis vorwaltet, basische Salze genannt. Wir haben gesagt, dass man solche Salze neutral nennt, in denen sich die Säure und Basis das Gleichgewicht halten; fragen wir aber nun, wie ein solches neutrales zu erkennen ist, so beschränkt sich diese Erkennungsweise zunächst darauf, dass weder durch Geschmack noch durch Reaction die Säure oder Basis wahrnehmbar ist. Uebrigens kann auch eine Salzlösung gesättigt sein, ohne neutral zu reagiren. Haben wir in einer Lösung z. B. eine starke Basis, wie Kali oder Natron, und fügen wir derselben so viel starke Säure hinzu, so dass keine von beiden mehr vorwaltet, und keine freie Säure vorhanden ist, so wird keine Reaction auf Pflanzenfarben hervorgebracht werden, d. h. blaue Pflanzenfarben werden nicht geröthet und Curcuma wird nicht gebräunt werden. Es kann aber auch eine Lösung gesättigt sein, ohne neutral zu reagiren, wenn z. B. eine Basis der schweren Metalle in einer starken

Säure aufgelöst wird, so kann die Lösung als gesättigt betrachtet werden, indem sie nicht mehr von der Basis aufnimmt; sie reagirt aber dennoch sauer; es fallen also die Begriffe der Sättigung und Neutralität nicht immer zusammen.

Verbinden wir mit dem Begriff der Neutralität den, dass das Salz keine Reaction zeigt, so werden wir auch auf manche Hindernisse stossen, und namentlich ist dies die Unlöslichkeit mancher Salze im Wasser oder überhaupt in einer indifferenten Flüssigkeit, und endlich der Umstand, dass nicht zwei verschiedene Basen durch eine starke Säure gesättigt sein können, ohne neutralisirt zu werden.

Da nun aber, wie wir später bei der Lehre von den bestimmten Proportionen sehen werden, dies in den Salzen der Sauerstoff der Säure zu dem der Basis in einem bestimmten Verhältnisse steht (denn der Sauerstoff der Säure ist ein Multiplum von dem der Basis, d. h. er enthält das Doppelte, Dreifache, Vierfache u. s. w. von dem Sauerstoffgehalt der Basis), so müssten wir dennoch annehmen, dass alle Salze, in denen die Verhältnisse der Säure zur Basis sich gleichen, neutral reagirten; dies ist aber nicht der Fall, denn es giebt Salze, wie z. B. das schwefelsaure Kali und das andert-halb-kohlensaure Kali, in welchen beiden die Säure drei mal so viel Sauerstoff enthält, als die Basis, und dennoch verschieden reagiren; das erstere bringt keine Reaction hervor und würde also als neutral zu betrachten sein, das andere dagegen reagirt alkalisch.

Wenn wir nun auch wirklich annehmen wollten, dass, wie es die Erfahrung gelehrt hat, das Sauerstoffquantum in allen neutralen Salzen sich gleich bleibe, so würden wir doch nach den oben angeführten Beispielen nicht alle solche Salze neutrale nennen können. Denn sonst müsste eine jede Säure, welche, mit einem Alkali gesättigt, eine neutrale Verbindung hervorruft, auch mit allen andern Basen ebenfalls eine neutrale Verbindung hervorrufen. Dies kann aber schon aus dem Grunde nicht der Fall sein, weil manche Säuren die Basicität mancher Oxyde nicht aufzuheben vermögen, und so umgekehrt, woraus hervorgeht, dass ihre Sättigungscapacität verschieden ist. Dies ist namentlich bei der Kohlensäure der Fall, welche wegen ihrer schwachen sauren Eigenschaften nicht im Stande ist, die basischen Eigenschaften starker Alkalien aufzuheben. Es kann daher natürlich, wenn auch das Verhältniss des Sauerstoffs der Basis zu dem der Säure in den verschiedenen Salzen gleich ist, nicht immer eine gleiche Reaction stattfinden, da ihre Sättigungscapacität verschieden ist. Den besten Maasstab für die Neutralität legt man immer dadurch an, wenn man eine freie Säure mit einem Alkali sättigt, und dieses festgestellte Verhältniss als Norm annimmt, alsdann dieselbe Säure mit andern, ihren Charakter weniger ausprechenden Säuren sättigt. Wählen wir z. B. die Schwefelsäure hierzu, so werden wir finden, dass diejenige Sättigungsreihe, in welcher die Schwefelsäure drei mal so viel Sauerstoff enthält als die der Basis, neutrale Reactionen zeigt.

Nehmen wir jedoch dieses als Beispiel an, so ist daraus zu fol-

gern, dass auch alle übrigen Salze, welche Säure und Basis in demselben Verhältnisse enthalten, neutral reagiren müssen; dies kann nun freilich aus schon erwähnten Gründen nicht der Fall sein, denn wir haben hier eine der stärksten Säuren und stärksten Basis gewählt, folglich kann dasselbe nicht von derselben Säure und einer schwächeren Basis gelten. Würden wir eine schwächere Säure, wie z. B. die Kohlensäure, wählen, so würde diese Sättigung mit dem Alkali ebenfalls nicht maassgebend sein können; es würde daher immer am besten sein, eine Säure oder Basis als Norm zu nehmen, die rücksichtlich ihrer Stärke in immer ziemlich gleichem Verhältniss stehen.

Wenn wir nun im Auge halten, dass die Sättigungscapacität der verschiedenen Basen und Säuren nicht ein und dieselbe ist, so können wir natürlich den Begriff von Neutralität auch nicht unumschränkt feststellen, sondern nur annäherungsweise als maassgebend annehmen, d. h. mit andern Worten, wir werden die äussere Reaction nicht immer mit den bestimmten Sättigungsverhältnissen übereinstimmend finden, und wir können demnach nicht unrichtig sagen, dass diejenigen Salze neutrale genannt werden können, in denen das Sauerstoffverhältniss zwischen Säure und Basis den äusserlich neutralsten Verbindungen nahe kommt, oder auch wenn Säure und Basis von ziemlich gleicher Stärke sind.

Aber dennoch finden wir Ausnahmen hiervon; denn wenn eine Säure mehrere Sättigungsreihen bildet, so ist es oft ganz willkürlich, welche von diesen man als neutrale Verbindung betrachten will, wozu uns namentlich die Phosphorsäure ein Beispiel liefert, denn sie bildet verschiedene Sättigungsreihen, von denen ganz willkürlich ist, welche wir als neutrale betrachten wollen.

So viel steht jedoch fest, dass wir die Sättigung der Säure und Basis bei den alkalischen und Erdsalzen am vollkommensten finden. Uebrigens werden wir auf die Neutralitätsreihen und die Sättigungscapacität in dem mathematisch-chemischen Theile ausführlicher zurückkommen. Jedenfalls würde es aber besser sein, da der Begriff von der Neutralität der Salze rücksichtlich der innern und äussern Verhältnisse sich nicht ganz ohne Ausnahmen feststellen lässt, wenn man dann diese Benennung ganz wegliesse, und, dem eigentlichen Factum ganz angemessen, die verschiedenen Sättigungsgrade nur nach den Sauerstoffmengen der Säure und Basis benenne.

§. 110. Diejenigen Salze, welche mehr Säure als die neutralen enthalten, nennt man saure; wir haben bereits erwähnt, dass die Basis zur Säure in einem bestimmten Sauerstoffverhältnisse steht, vermehrt sich also die Säure in einem Salze, so wird natürlich der Sauerstoff derselben in einem vervielfachten Verhältnisse zu dem der Basis stehen. Ist demnach die Basis mit $1\frac{1}{2}$, 2 oder 4 mal so viel Säure verbunden als im neutralen Salze, so sagt man z. B. anderthalb-kohlensaure oder zweifach-schwefelsaure, vierfach-oxalsaure Salze.

In dem neutralen kohlensauren Natron enthält nämlich die Koh-

lensäure das Doppelte des Sauerstoffes, welcher im Natron enthalten ist, folglich wird in einem kohlensauren Natron, in welchem die Säure das Dreifache des Sauerstoffes der Basis enthält, ein anderthalb-kohlensaures Natron genannt werden können. Zweifach-kohlensaures Natron wird man dagegen ein solches nennen, welches in der Säure vier mal so viel Sauerstoff als in der Basis enthält.

§. 444. Enthält ein Salz mehr Basis als das neutrale, so nennt man dasselbe ein basisches Salz. Bei diesen vermehrt sich die Basis ebenfalls nach bestimmten einfachen Verhältnissen, sie ist das Doppelte, Dreifache, Vierfache, mit dazwischen liegenden Bruchtheilen. Durch die Ausdrücke: halb-, einfach-, zweifach-, dreifach-basisch werden die Multipeln der Basis angezeigt. Wenn also zum neutralen Salze noch halb so viel Basis hinzugekommen ist, so wird das Salz ein halbbasisches genannt, ist aber noch eben so viel hinzutreten, so nennt man dasselbe ein einfach basisches, und endlich ein Salz mit noch zwei mal so vieler Basis als das neutrale wird ein zweifach basisches genannt. So ist z. B. im neutralen salpetersauren Bleioxyd das Verhältniss des Sauerstoffes der Basis zur Säure 4 : 5, im einfach-basischen 2 : 5, im zweifach-basischen 3 : 5, und im fünffach-basischen 6 : 5.

Sehr gewöhnlich bedient man sich einer Nomenclatur, nach welcher durch verschiedene Bruchzahlen die Stufe der Basicität ausgedrückt wird. So sagt man z. B. drittelessigsäures Bleioxyd für ein basisches Bleisalz, welches nur den dritten Theil der Essigsäure des neutralen Salzes enthält, und in welchem die Säure zur Basis in dem Verhältnisse von 4 : 3 steht. Sechstelessigsäures Bleioxyd enthält auf 6 Theile Basis nur 4 Theil Säure, und folglich den sechsten Theil der Essigsäure, die in dem neutralen Salze enthalten, welches aus 4 Atom Säure und 4 Atom Säure besteht.

Schwefelsalze.

§. 442. In den Schwefelsalzen, deren Zahl eine weit geringere ist als die der Sauerstoffsalze, nimmt der Schwefel als Säuren bildendes und Basen bildendes Element die Stelle des Sauerstoffes ein. Sie sind also Verbindung einer elektronegativen Schwefelverbindung als Säure und einer elektropositiven als Basis. In ihnen steht ebenfalls der Schwefelgehalt der Säure in einem einfachen Verhältniss zu dem der Basis. Die Schwefelungsstufen der elektronegativen Metalle, deren Zusammensetzung mit der der Metallsäuren proportional ist, treten in diesen Verbindungen als Säuren auf, und zwar in der Weise, dass, wenn der Schwefel in gleich viel Sauerstoffatome ausgetauscht würde, sich Salze bildeten, welche die nämlichen Radicale in ihrem oxydirten Zustande hervorbringen können.

Mit diesen verbinden sich die Schwefelungsstufen der elektropositiven Metalle, welche den basischen Oxyden entsprechen, als

Basen. Der frühern Nomenclatur gemäss würden wir richtig sagen, um ihre Bestandtheile von denen der Sauerstoffsalze zu unterscheiden, sie bestehen aus Sulfosäuren oder Sulfiden und aus Sulfo-basen oder Sulfureten.

Was die Nomenclatur der Salze aber selbst anbetrifft, so ist dieselbe nicht so einfach; denn wollen wir hier nun auch den Namen der Säure vor den der Basis setzen, so würde dies nicht bezeichnend genug sein, denn wenn wir z. B. Schwefelantimon-Schwefelnatrium sagen, so ist dadurch weder die Schweflungsstufe des Antimons noch die des Natriums angegeben. Man hat daher vorgezogen, die Benennung des elektropositiven Radicals voran zu setzen, und unter Benutzung des Wortes Sulfo für das elektro-negative Radical die lateinische Nomenclatur gewählt. So wie in dieser Nomenclatur ein kohlen-saures Natron *Natron carbonat* heisst, so sagt man für die Verbindung eines Natriumsulfuret als Base mit dem Carbonsulfid als Säure, *Natriumsulfocarbonat*. Folglich wird man auch statt Schwefelantimon-Schwefelnatrium *Natriumsulfantimoniat* sagen müssen. Schwefelarsenik-Schwefeleisen heisst *Eisen sulfarseniat*. Man nennt im Allgemeinen die Verbindungen des Carbonsulfid *Sulfocarbonate*. Als *Sulfohydrate* bezeichnet man solche, welche Wasserstoffsulfid (Schwefelwasserstoff) als Säure enthalten, wie z. B. *Kaliumsulfhydrat* (Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium). Die übrige Nomenclatur, um die verschiedenen Stufen der Basicität und Acidität anzuzeigen, richtet sich nach den Sauerstoffsalzen. *)

Amphiddoppelsalze.

§. 443. Vereinigen sich zwei Amphidsalze mit einander, so nennt man diese Verbindung ein *Doppelsalz*, eine Verbindung dritter Ordnung, in welcher das eine Salz den elektropositiven, und das andere den elektronegativen Charakter in sich trägt. Gewöhnlich ist eine Säure mit zwei verschiedenen Basen oder eine Base mit zwei verschiedenen Säuren verbunden, wie z. B. der Alaun, aus schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali bestehend, das Seignettsalz, aus weinsaurem Kali und weinsaurem Natron zusammengesetzt; Brechweinstein, welcher aus weinsaurem Antimonoxyd und weinsaurem Kali besteht, ferner Phosphorsalz, aus phosphorsaurem Natron und phosphorsaurem Ammoniak zusammengesetzt u. s. w.

Die Nomenclatur für diese Doppelverbindungen ist sehr einfach; man sagt nämlich für Alaun schwefelsaures Thonerde-Kali, für Seignettsalz weinsaures Natron-Kali, für Brechweinstein weinsaures Antimonoxyd-Kali, für Phosphorsalz phosphorsaures Natron-Ammoniak. Indessen pflegt man auch wohl der Kürze wegen die empirischen Namen zu gebrauchen. Ausser diesen gewöhnlicher

*) Als Schwefelverbindungen zweiter Ordnung sind auch die Verbindungen der Sulfurete mit Oxyden zu erwähnen, welche man gewöhnlich *Oxy-sulfurete* nennt.

vorkommenden Amphiddoppelsalzen, in denen entweder die Säure verschieden oder die Basis eine verschiedene ist, kommen auch noch Salze vor, in denen ein Sauerstoffsalz mit einem Schwefelsalze verbunden ist. Als Schwefeldoppelsalz kann man den Bournonit anführen, ein Mineral, welches aus Schwefelkupfer + Schwefelantimon und Schwefelblei + Schwefelantimon (Kupfersulfantimoniat und Bleisulfantimoniat) zusammengesetzt ist. Dieses verdient demnach als Tripelsalz aufgeführt zu werden, da drei verschiedene Basen als elektropositive Elemente darin vorkommen.

Eine andere Art von Amphiddoppelsalzen ist noch die, in der ein Schwefelsalz mit einem Sauerstoffsalz verbunden ist, wie z. B. das von Rammelsberg entdeckte Kaliumsulfantimoniat mit antimon-saurem Kali, ferner das Kaliumsulfomolybdat mit salpetersaurem Kali.

Man pflegte früher die Salze, welche aus zwei Basen und einer Säure bestehen, auch wohl Tripelsalze zu nennen, da in ihnen drei oxydirte Elemente enthalten sind; jetzt versteht man unter Tripelsalze solche Verbindungen, in denen drei Basen mit einer Säure verbunden sind; jedoch werden diese gewöhnlich als wahre Doppelsalze bezeichnet, wenn sie nicht, wie es gewöhnlich der Fall ist, blosse Zusammenkrystallisirungen sind, bei denen von einem bestimmten Verhältniss unter den darin enthaltenen Basen keine Rede sein kann.

Haloidsalze.

§. 446. Ebenso wichtig, wenn auch nicht so zahlreich, ist eine andere Reihe von Salzen, welche, wenn sie auch in ihrer äussern Form mit den Salzen übereinstimmen, doch rücksichtlich ihrer Zusammensetzung mit den Amphidsalzen nicht correspondiren; man nennt sie daher Haloidsalze ($\alpha\lambda\varsigma$, Salz, und $\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$, Form, Gestalt). Diese Salze sind Verbindungen erster Ordnung, welche aus elektronegativen Elementen oder Salzbildern (Corpora halogenia), und aus elektropositiven Radicalen bestehen.

Als solche Salzbilder sind namentlich die sogenannten Oxygeneoide, nämlich Chlor, Brom, Jod, Fluor, Cyan u. s. w. aufzuführen, wie bereits erwähnt worden. Die Salze entstehen eines Theils durch directe Vereinigung eines solchen einfachen oder zusammengesetzten Salzbilders; wenn z. B. Natrium in Chlorgas erhitzt wird, so erhält man Chlornatrium (Kochsalz). Ausserdem entstehen sie, wenn Metalloxyde mit Salzbildern in Berührung gebracht werden, die eine grössere Affinität zum Metall haben, als der Sauerstoff. Vorzugsweise werden sie aber erzeugt, wenn eine Wasserstoffsäure mit einem basischen Oxyde zusammenkommt; es bildet sich dann ein Haloidsalz, indem der Salzbilder der Wasserstoffsäure mit dem Radicale des basischen Oxyds sich vereinigt und durch Vereinigung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff zu Wasser gebildet wird. Früher hielt man sie für wirkliche Salze, indem man glaubte, dass die Wasserstoffsäure sich wirklich direct mit den Oxyden ver-

einige, weshalb man auch z. B. das Chlornatrium salzsaures Natron nannte; als man aber zu der Ueberzeugung gelangte, dass in diesen Salzen weder Sauerstoff noch Wasserstoff enthalten sei, wurde man auf eine bessere Weise belehrt, und konnte daher die Nomenclatur der Amphidsalze nicht beibehalten. Denn wäre Chlornatrium wirklich ein salzsaures Salz, so müsste bei der Destillation desselben sich nicht Chlor, sondern Chlorwasserstoffsäure entwickeln.

Man hielt es den richtigen theoretischen Schlüssen nicht angemessen, solche Verbindungen unter die Reihe von Salzen zu zählen, die nur aus zwei Elementen bestehen, da alle bis dahin bekannten Salze wenigstens drei Grundstoffe enthielten. Gay-Lussac räumte diese Bedenklichkeiten völlig aus dem Wege, als er das Cyan isolirt darstellte, dessen Verbindungen mit Metallen man als Sauerstoffsalze betrachtet hatte. Manche Chemiker und namentlich v. Bonsdorf, suchten nun zu beweisen, nachdem man erkannt hatte, dass sie nur aus zwei Elementen bestehen und keinen Sauerstoff enthalten, dass die einfachen Haloidsalze von elektropositiven Metallen gar nicht als neutrale Salze betrachtet werden könnten, sondern dass sie wenigstens nach dem Glühen alkalisch reagierten und als Basen zu betrachten seien, und dagegen die Haloidsalze von weniger stark elektropositiven Metallen, welche nach dem Glühen säuerlich reagierten, als Säuren betrachtet werden müssten. Demnach würden z. B. Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorammonium, Chlorcalcium, Chlorbarium u. s. w. als Basen, und Chloreisen, Quecksilberchlorid, Platinchlorid, Chlornickel als Säuren anzusehen sein. Diese Säuren seien natürlich im Stande, sich mit jenen Basen zu Salzen zu vereinigen, für welche er eine ganz besondere Nomenclatur wählte. Von Bonsdorf stellte in dieser Absicht eine Reihe von Versuchen an, um derartige Verbindungen hervorzurufen, und besonders ist ihm dieses mit dem Platinchlorid gelungen, denn dieses liefert ausgezeichnete Salze mit den oben angeführten Chlorobasen. Er suchte namentlich zu beweisen, dass, wenn blaues Lackmuspapier durch Platinchlorid (eine Auflösung von Platin in Königswasser oder in Salzsäure und Salpetersäure) geröthet würde, diese Farbe sich durch das Chlorid eines elektropositiven Metalls in ein röthliches Blau umändere. Dass diese rothe Farbe sich nicht ganz wieder in blaue umwandle, komme daher, weil die Verbindung des Platinchlorids mit elektropositiven Chloriden wegen ihrer gelben Farbe nicht ohne Wirkung auf den Farbestoff bleiben könne.

Aus diesen Versuchen, die zu dem Resultate führten, dass sich zwei Verbindungen eines Salzbuilders zu einem Salze vereinigen, schloss Bonsdorf, dass die Haloidsalze nicht als Salze, sondern nur als Säuren und Basen betrachtet werden dürften, und nach dieser Theorie würden also die doppelten Haloidsalze, welche, wie das Kaliumplatinchlorid, das Quecksilberchlorid-Ammoniak, aus zwei Chlorverbindungen bestehen, als einfache Salze angesehen werden müssen, und die Verbindungen des Chlors mit Quecksilber und Platin als Säuren, dagegen die mit Kalium und Ammoniak als Basen anzusehen sein. Folglich würde auch von zwei besonderen Classen

von Salzen, den Amphid- und Haloidsalzen, nicht mehr die Rede sein; dieser Unterschied fällt nach ihm ganz weg und ein jedes Salz muss also wenigstens aus drei Grundstoffen bestehen. Diese Theorie ist jedoch sehr bestritten worden und hat auch mit Recht keine allgemeine Annahme gefunden. Denn wollen wir den Ansichten Bonsdorf's folgen, so müsste eine vollkommene Analogie zwischen dem Kalium und Chlorkalium, dem Natrium und Chlornatrium stattfinden; die Basen- und Säurebilder würden rücksichtlich ihrer chemischen Natur den Salzbildern gleichzustellen sein.

Wir kennen aber die Eigenschaften des Natrium und Kalium so genau, dass an eine Analogie zwischen diesen und jenen beiden nicht gedacht werden kann; vielmehr aber stimmen die Verbindungen mit dem salpetersauren Kali und Natron überein, so dass von einer Analogie mit diesen Salzen eher gesprochen werden darf.

Berücksichtigen wir ferner den elektrochemischen Charakter dieser Verbindungen, so müssten diese um so eher hervorgerufen werden, je entgegengesetzter ihr elektrochemischer Charakter ist. Dies ist aber gerade das Gegentheil, denn die elektronegativen Radicale, welche vorzugsweise, wie z. B. der Schwefel, Phosphor u. s. w., mit dem Sauerstoff starke Säuren bilden, zeigen als elektronegative Chloride durchaus keine Affinität zum Chlorkalium und Chlornatrium. Es verbinden sich vielmehr zwei Chlorverbindungen, deren metallische Elemente in der elektrischen Spannungsreihe nicht so entfernt stehen, weit leichter und zwar auf dieselbe Weise zu Doppelsalzen mit einander, wie es bei den Sauerstoffsalzen der Fall ist. Wir ersehen dies leicht aus solchen Haloiddoppelsalzen, wie das aus Chlorkalium und Chlormagnesium zusammengesetzte Magnesium-Kalium-Chlorür, in welchem nach jener Theorie das Chlormagnesium als eine Säure betrachtet werden müsste. Die Theorie v. Bonsdorf's hat, wie hieraus hervorleuchtet, so viel Widersprechendes, dass sie, wenn sie auch im Anfange Anhänger gefunden hat, doch dem Siege unterlag. Man betrachtet jetzt allgemein die einfachen, aus zwei Elementen bestehenden Verbindungen der Salzbilder als Haloidsalze, und diejenigen, welche aus zwei Haloidsalzen zusammengesetzt sind, als Doppelsalze.

§. 447. Die Verbindungen eines Salzbilders mit einem Metall sind neutral, selbst auch dann, wenn sie in mehreren Verhältnissen mit einander verbunden vorkommen. Existirt eine solche Verbindung nur in einem einfachen Verhältnisse, so bezeichnet man sie in der Regel auf die Weise, dass man den Namen des Salzbilders vor das Metall setzt, wie z. B. Chlorkalium, Jodbarium u. s. w. Kommen sie aber in mehreren Verhältnissen vor, so correspondiren diese in der Regel mit den elektropositiven Oxyden. In diesem Falle wird eine dem Oxyd proportionale Haloidverbindung als Chlorid, Jodid, Bromid u. s. w. bezeichnet, wie z. B. Platinchlorid, Quecksilberjodid, Eisenbromid. Die dem Oxydul entsprechenden Verbindungen erhalten den Namen Chlorür, Jodür, Bromür, wie z. B. Platinchlorür, Quecksilberjodür, Eisenbromür. Die den Sesquioxydulen und Sesquioxyden entsprechenden Ver-

bindungen nennt man Sesquichlorüre und Sesquichloride, z. B. Iridiums Sesquichlorür und Iridiums Sesquichlorid. Die den höhern Oxydationsstufen entsprechenden Verbindungen der Salzbilder mit Radicalen differiren, wie erwähnt, in ihren Eigenschaften sehr von den Haloidsalzen. Man gebraucht auch wohl die Ausdrücke einfach, anderthalb, doppelt, z. B. einfach Chlor-eisen und anderthalb Chloreisen.

Wiewohl nun, da wir keine Säure und auch keine Basis in den Haloidsalzen annehmen, allerdings von verschiedenen Sättigungsgraden, wie sie bei den Amphidsalzen stattfinden, nicht die Rede sein kann, so giebt es doch basische und saure Haloidsalze. Die ersteren entstehen, wenn ein neutrales Haloidsalz sich mit dem Oxyde des in dem Salze befindlichen Metalls verbindet und eine Verbindung entsteht, welche man auch wohl Oxychlorür oder Oxychlorid zu nennen pflegt.*). In diesem basischen Salze steht das Radical des Oxyds in einem einfachen Verhältnisse zu dem Metall des neutralen Haloidsalzes, so dass entweder das Oxyd dieselbe Quantität oder 2—3 mal so viel Metall enthält als das neutrale Salz. Man nennt daher die basischen Haloidsalze halb-basisch, wenn in demselben das neutrale Salz zum Oxyde in dem Verhältniss wie 2:4 verbunden ist; einfach basisch nennt man sie, wenn sie in gleichem Verhältnisse zu einander stehen; zweifach basisch, wenn sie wie 4:2, dreifach basisch, wenn sie wie 4:3 mit einander verbunden sind. Ein Beispiel hierfür lehrt uns das Chlorblei, welches sich mit dem Bleioxyd in mehreren Verhältnissen zu basischen Salzen verbindet, in denen letzteres 1-2-3 und 7 mal so viel Blei als das Chlorblei enthält. Diese Salze werden als einfach basisches, zweifach basisches, dreifach basisches und siebenfach basisches Chlorblei bezeichnet. Wir sehen, dass diese Salze gleich beschaffene Multiplen der Salzbasis haben und eine grosse Aehnlichkeit mit den Sauerstoffsalzen zeigen. Die sauren Haloidsalze werden gebildet, wenn ein neutrales Haloidsalz sich mit der Wasserstoffsäure des Salzbuilders verbindet. In diesen Salzen steht die Quantität des Salzbuilders, welche in Verbindung mit Wasserstoff hinzukommt, zu der des Salzbuilders im Haloidsalze in einem einfachen Verhältnisse. Als Beispiele der Art können wir namentlich die Verbindung des Fluorkaliums und des Fluornatriums mit Fluorwasserstoffsäure anführen, welche man gewöhnlich der Kürze wegen als fluorsaures Kali und fluorsaures Natron bezeichnet. Jedoch sind diese Salze nicht sehr zahlreich.

§. 448. Die Haloiddoppelsalze sind schon früher erwähnt worden. Sie sind eines Theils Verbindungen, in denen der Salzbilder der beiden einfachen Salze derselbe ist, wie z. B. in der Verbindung von Chlorplatin und Chlorkalium. Die Nomenclatur für diese

*) Diese Oxychloride und Oxychlorüre sind wohl zu unterscheiden von den Verbindungen der Chloride und Superchloride mit Säuren, welche Berzelius Aci-Chloride genannt hat, z. B. die Verbindung von Kohlensäure mit Kohlenstoffsüberchlorid heisst Kohlenstoff-Aci-Chlorid.

Verbindungen geschieht in der Weise, dass man das elektropositive Salz voransetzt und das elektronegative nachfolgen lässt, wie z. B. Kaliumplatinchlorür und Kaliumplatinchlorid, Kaliumeisen-cyanür und Kaliumeisencyanid. Ist als Doppelsalz nur eine Verbindung zwischen dem Salzbilder und den beiden Radicalen da, so kann man, ohne unverständlich zu sein, recht gut statt Kaliumkiesel-fluorid Fluorkieselkalium sagen. Anderntheils sind sie Verbindungen, in denen ein und dasselbe Metall mit verschiedenen Salz-bildern verbunden ist, wie z. B. in der Verbindung des Fluorbariums mit dem Chlorbarium, in der von Chlorblei mit Fluorblei. Endlich giebt es aber auch noch eine geringe Zahl, in denen sowohl Salzbilder als auch Radicale verschieden sind. Hierher gehören z. B. die Verbindungen des Quecksilbercyanids mit Chlor-, Jod- und Bromkalium.

Verbindungen zweier Haloiddoppelsalze der vierten Ordnung angehörend, in denen das eine einfache Salz dasselbe ist, kennt man nur wenige. Hierher gehört das Kaliumbariumeisen-cyanür, aus Kaliumeisencyanür und Bariumeisencyanür bestehend, die Verbindung von Kaliumeisencyanür mit Magnesiumeisencyanür. Diese könnte man eigentlich als Tripelsalze bezeichnen.

Endlich haben wir noch der Doppelsalze Erwähnung zu thun, die aus einem Haloidsalze und einem Amphidsalze bestehen, und ebenfalls in die vierte Ordnung zu zählen sind. Man kennt zwei Arten derselben, nämlich solche, die das Radical des Haloidsalzes und das der Basis im Sauerstoffsalze gemeinschaftlich haben, und solche, in denen kein Bestandtheil der beiden einfachen Salze derselbe ist. Verbindungen erster Art sind z. B. das Bleihornerz, welches aus kohlensaurem Bleioxyd und Chlorblei besteht, der Topas, aus Fluoraluminium und kieselsaurer Thonerde zusammengesetzt, das Apatit, eine Verbindung von phosphorsaurem Kalk und Chlor-natrium. Den Verbindungen zweiter Art gehört z. B. die von Winkler entdeckte Verbindung von Quecksilbercyanid mit ameisen-saurem Kali an; ferner die von Wohler entdeckte Verbindung des salpetersauren Silberoxyds mit Cyanquecksilber; die Verbindung von salpetersaurem Silberoxyd mit Cyankupfer u. s. w.

§. 119. Es giebt noch eine Art eigenthümlicher Verbindungen, welche man Hydrate nennt. Die Benennung sagt uns schon, dass wir es hauptsächlich mit gewissen Verbindungen des Wassers zu thun haben.

Unter Hydraten versteht man die mit den Salzen correspon-direnden Verbindungen der wasserfreien Säuren und Ba-sen mit Wasser. Sie sind Verbindungen zweiter Ordnung, in denen das Wasser in Verbindung mit Säuren die Stelle der Basis, und in Verbindung mit Basen die der Säuren einnimmt. Solche Hydrate sind z. B. Kalkhydrat, Kalihydrat, Barythydrat, Kupfer-oxgydhydrat, Schwefelsäurehydrat u. s. w.

Dass auf diese Weise gebundene Wasser ist wohl zu unter-scheiden von dem sogenannten Krystallwasser, welches die Salze, Basen oder Säuren, wenn sie aus einer Flüssigkeit krystallisiren,

ausserdem auch noch aufnehmen. Man pflegt dasselbe daher gewöhnlich Hydratwasser oder auch, wenn es die Rolle einer Basis spielt, basisches Wasser zu nennen. Die Quantität des basischen Wassers, welches die Säurehydrate enthalten, entspricht genau ihrer Sättigungscapacität oder der Menge der Basis, welche zur Bildung ihrer neutralen Salze erforderlich ist. So enthält z. B. das Hydrat der dreibasischen Phosphorsäure drei Atome und das der zweibasischen zwei Atome Wassers. Dieses Hydratwasser enthält manche Basen und Säuren mehr, manche weniger festgebunden, welches von den stärkeren oder schwächeren positiven oder negativen Eigenschaften derselben abhängt.

So viel möge uns einstweilen über die Lehre dieser Verbindungen genügen; später, nachdem wir die atomistische Theorie besprochen haben, werden wir auf die Constitution derselben ausführlicher zurückkommen.

§. 420. Was die wissenschaftliche Classification der Salze anbetrifft, so geht diese aus unserm Raisonnement hervor; jedoch wird es nicht unzweckmässig sein, wenn wir sie zur kürzeren Uebersicht hier in gedrängter Form folgen lassen.

Je nach der Zahl der in den Salzen enthaltenen Grundstoffe und des darunter befindlichen Salz- und Basenbilders theilen wir sie also in zwei Classen, nämlich in:

1) Amphidsalze, welche aus einem elektropositiven und elektronegativen Radical (einfach oder zusammengesetzt), und einem gemeinschaftlichen Säuren- und Basenbilder bestehen. Oder einfacher gesagt: Salze, die aus einer Säure und Basis zusammengesetzt sind. Je nach der Art der verschiedenen Basenbilder, nämlich des Sauerstoffes, Schwefels, Selens und Tellurs, zerfallen sie wieder in vier Unterabtheilungen, nämlich:

- a) Sauerstoffsalze, oder Verbindungen zweier verschiedenen elektrochemischen Oxyde, oder einer Sauerstoffsäure und einer Sauerstoffbasis.
- b) Schwefelsalze, Verbindungen zweier elektrochemisch verschiedenen Schwefelverbindungen, oder einer Sulfobasis mit einer Sulfosäure.
- c) Selensalze, und
- d) Tellursalze, Verbindungen zweier Selen- und Tellurverbindungen.

2) Haloidsalze, Verbindungen, welche aus zwei Radicalen bestehen, von denen das eine ein Salzbilder ist, oder Verbindungen von einem elektropositiven Radical mit einem einfachen oder zusammengesetzten elektronegativen Radical, dem sogenannten Salzbilder. Je nach der Verschiedenheit des Salzbilders zerfällt diese Classe in folgende Unterabtheilungen: a) Chlorsalze. b) Bromsalze. c) Jodsalze. d) Fluorsalze. e) Cyansalze u. s. w.

§. 421. Je nachdem in den Salzen beider Classen eine oder mehrere Säuren mit einander verbunden sind, oder je nachdem ein oder mehrere elektropositive Radicale und Salzbilder darin enthalten sind, unterscheidet man drei Abtheilungen.

A) *Einfache Salze.*

- a) Verbindungen einer Säure mit einer Basis. Verbindungen zweiter Ordnung.
- b) Verbindungen eines Salzbilders mit einem elektropositiven Radical. Verbindungen erster Ordnung.

B) *Doppelsalze.*

Verbindungen zweier Amphid- oder Haloidsalze mit einander. Verbindungen dritter Ordnung.

- a) Amphiddoppelsalze, die entweder aus zwei Sauerstoffsalzen oder aus zwei Schwefelsalzen bestehen. Also Salze mit gleichem Säuren- und Basenbilder.
 - α) Verschiedene Basen mit einer und derselben Säure. Diese umfassen die Mehrzahl.
 - β) Verschiedene Säuren mit einer und derselben Basis.
- b) Amphiddoppelsalze, die aus Verbindungen von Sauerstoffsalzen mit Schwefelsalzen bestehen und folglich einen verschiedenen Säuren- und Basenbilder enthalten.
 - α) Beide Salze enthalten gleiche Radicale.
 - β) Beide Salze enthalten nur gleiche Radicale der beiden Basen.
- c) Haloiddoppelsalze, Verbindungen zweier einfachen Haloidsalze. Sie zerfallen in drei Unterabtheilungen.
 - α) Beide Salze enthalten ein und denselben Salzbilder.
 - β) Beide Salze enthalten ein und dasselbe Radical.
 - γ) Doppelverbindungen, in deren einfachen Salzen die Salzbilder und die Radicale verschieden sind.
- d) Doppelsalze, von Amphid- mit Haloidsalzen. Sie zerfallen in:
 - α) solche, in denen das Haloidsalz und die Basis des Sauerstoffsalzes (denn diese sind es besonders, welche sich mit den Haloidsalzen zu Doppelsalzen verbinden) ein und dasselbe Radical haben;
 - β) solche, in denen beide Salze keinen Bestandtheil mit einander gemeinschaftlich haben.

C) *Tripelsalze.*

Verbindungen von Doppelsalzen mit einfachen oder Doppelsalzen. Verbindungen vierter Ordnung.

- a) Zwei Haloiddoppelsalze, welche ein Salz gemeinschaftlich haben zu einem einzigen, welches dann eigentlich aus drei Salzen zusammengesetzt ist und welches deshalb als Tripelsalz genannt werden kann.
- b) Verbindungen von Haloidsalzen mit Sauerstoffsalzen.

§. 422. Eine andere allgemeine Eintheilung, wie sie aus unserer Abhandlung hervorgeht, ist dann noch endlich die, dass wir die Salze, je nach dem Vorherrschen der Säure und Basis, in saure, basische und neutrale eintheilen.

§. 423. Die allgemeine Eintheilung, welcher die bestimmten Proportionen zum Grunde liegen, kann erst später besprochen wer-

den, nachdem wir die atomistische Theorie kennen gelernt haben, wo dann auch die für die Salze gewählten Formeln erwähnt werden.

Für die specielle Beschreibung der einzelnen Salze theilt man dieselben alle nach dem elektronegativen Bestandtheile ein, indem man nämlich z. B. alle schwefelsauren Salze der einzelnen Basen zusammen abhandelt; gewöhnlicher aber und auch zweckmässiger macht man die Eintheilung nach dem elektropositiven Bestandtheil, indem man die Salze zusammenstellt, welche eine Basis mit den verschiedenen Säuren liefert, wie z. B. Kalisalze, Natronsalze, Barytsalze u. s. w.

Organische Verbindungen.

Erzeugung derselben.

§. 424. Haben wir in unserm Raisonement über die verschiedenartigen chemischen Verbindungen auch wohl hier und da der organischen gedacht, so bezog sich dies doch namentlich auf den allgemeinen Unterschied zwischen beiden, so dass es nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft, wenn wir auch das, was wir über die unorganischen Verbindungen gesagt haben, als Leitfaden für die organischen betrachten müssen, nothwendig ist, diese hier einem besonderen Raisonement zu unterwerfen. Da aber, wie schon erwähnt worden ist, die Anzahl der elementaren Grundlagen, im Vergleich zu denen der unorganischen Verbindungen eine so sehr geringe ist, so dürfte es sowohl von Interesse als auch von Wichtigkeit sein, bevor wir die Theorien der organischen Verbindungen entwickeln und ihre Classification uns vorführen, einiges über die Grundstoffe selbst und die Entstehung der organischen Materien zu sagen.

§. 425. Die den Pflanzen- und Thierkörpern eigenthümlichen organischen Verbindungen enthalten als die allgemeinsten Grundstoffe Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, wie schon früher erwähnt wurde, und zwar besteht die geringste Anzahl nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, die grössere Anzahl aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Eine ebenfalls nicht unbedeutende Anzahl besteht aus sämmtlichen vier Grundstoffen, die namentlich den animalischen Stoffen zum Grunde liegen, aber auch in den Pflanzen, obgleich nicht so reichlich, vorkommen.

Als wesentliche Bestandtheile der organischen Verbindungen können wir nur ausserdem noch Phosphor und Schwefel anführen, wiewohl diese sehr selten vorkommen. Ausserdem kommen allerdings in den Pflanzen- und Thierkörpern eine Anzahl Grundstoffe als unorganische Verbindungen vor. Diese können jedoch nicht, wenn sie auch wirklich zum Bestehen des Ganzen das Ihrige beitragen, als integrirende Theile des eigentlichen Organismus angesehen werden. Sie spielen theils eine für das Dasein des lebenden Körpers wichtige Rolle, theils sind sie aber auch nur als zufällige Beimengungen vorhanden. Als solche Grundstoffe sind namentlich das Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium,

Mangan, Eisen, Jod, Arsenik und einige andere selten vorkommende aufzuführen, welche als Oxyde in Verbindung mit unorganischen Säuren und Salzbildern in gewissen Theilen des organischen Wesens angetroffen werden. So macht z. B. der phosphorsaure Kalk einen Hauptbestandtheil der Knochen aus, das Eisen findet sich im Blute, das Chlornatrium in vielen Pflanzen, Jodnatrium in manchen Seegewächsen vor u. s. w.

Die Verbindungen dieser Stoffe mit organischen, d. h. Verbindungen unorganischer Basen mit organischen Säuren, oder umgekehrt, welche man gewöhnlich als halborganische bezeichnet, machen hiervon eine Ausnahme.

§. 126. Betrachten wir nun die aus dem verschiedenen quantitativen Zusammentreten der vier Grundstoffe hervorgerufenen Verbindungen, so müssen wir rücksichtlich der Bestandtheile der organischen Körper einen Unterschied machen, indem wir jene vier Grundstoffe als die entfernteren und die daraus hervorgerufenen Verbindungen als die näheren Bestandtheile des Organismus anzusehen haben. Diese sind die Verbindungen der eigentlich organischen Zusammensetzung oder die näheren Bestandtheile des Organismus.

Der Kohlenstoff macht einen Bestandtheil aller Organe der Pflanzen und Thiere und folglich auch einen der näheren Bestandtheile derselben aus, woraus folgt, dass alle organische Verbindungen, wenn sie verbrennen, Kohle abscheiden. Der Kohlenstoff bildet mit den anderen Elementen die zusammengesetztesten Verbindungen, wovon eine häufige Folge ist, dass sie sehr leicht Umsetzungen und Verwandlungen unterworfen sind.

§. 127. Wie erwähnt, besteht die grösste Anzahl der organischen Verbindungen aus Kohlenstoff mit Wasserstoff und Sauerstoff; solche sind z. B. Holzfaser, Faserstoff, Stärkemehl, Gummi, Zucker u. s. w.

Zu der geringern Anzahl, welche aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, gehören die flüchtigen und fetten Oele, Wachs, Harze u. s. w.

Zu der dritten Classe, welche, aus allen vier Elementen gebildet, vorkommen, gehören z. B. Eiweiss, Kleber, Chlorophyll, ferner eine besondere Art von eigenthümlichen Verbindungen, welche in ihrem chemischen Verhalten den unorganischen Basen ähneln und organische Basen oder Alkaloide genannt werden, z. B. Morphin, Strychnin u. s. w. Ausserdem aber besonders noch Verbindungen des animalischen Organismus, wie z. B. die Bestandtheile des Blutes, Globulin, Albumin, Hämatin, ferner in Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure u. s. w.

§. 128. Fragen wir aber nun, wie diese organischen Materien, überhaupt alle die näheren Bestandtheile des eigentlichen Organismus entstehen, und woher wir überhaupt alle die Verbindungen, die wir organische nennen, zu leiten haben, so haben wir sie zunächst als Erzeugnisse des vegetabilischen Lebens und Umänderungen des thierischen Lebensprocesses anzusehen; ferner aber

auch als durch künstliche Umänderungen der thierischen und pflanzlichen Stoffe, und endlich als reine Erzeugnisse der Kunst aus unorganischen Stoffen entstanden, anzusehen. Wie die Bildung der pflanzlichen Stoffe vor sich geht, können wir leider mit unsern Augen nicht wahrnehmen, denn diese geht meistens in den kleinen Zellen der Pflanzen vor sich, wo auf eine höchst merkwürdige Weise die Zerlegung der von diesen absorbirten Kohlensäure und des Ammoniaks vor sich geht und ihre Bestandtheile theilweise den Pflanzen assimilirt werden. Können wir auch nicht annehmen, dass die Pflanzen ihren Kohlenstoff nur allein durch Zersetzung der in der Atmosphäre enthaltenen Kohlensäure empfangen, so haben doch Versuche gelehrt, dass die Zersetzung der Kohlensäure unter Einfluss des Lichts vor sich geht, und die grüneren Theile der Pflanzen sich denselben auf die Weise aneignen, so dass diese als die Hauptquelle des Kohlenstoffes angesehen wird.

Dass das Wasser eine Hauptquelle für den Wasserstoff der Pflanzen ist, möchte wohl nicht in Zweifel gezogen werden; wie aber der Stickstoff in den Organismus der Pflanzen eingeht, ist von grosser Wichtigkeit, da die Pflanzen als thierische Nahrungsmittel dienen. Da wir wissen, dass kein Grundstoff in den andern umgewandelt werden kann, so ist es nothwendig anzunehmen, dass eine stickstoffhaltige Masse sich an der Erzeugung der stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe betheiligt, und als solche betrachtet man ziemlich allgemein das Ammoniak (Stickstoff + Wasserstoff).

Gehen wir nun zu den Erzeugnissen der Elemente in dem thierischen Organismus über, so müssen wir uns auch darüber sagen, dass hier noch die grössten Geheimnisse verborgen sind, jedoch können wir wohl im Allgemeinen für beide annehmen, dass die Pflanzen sich die zur Ausbildung und Erhaltung des Organismus nöthigen Elemente aus der unorganischen Natur nehmen, und aus diesen auf verborgenen Wegen durch Metamorphosen organische Stoffe hervorgerufen werden. In den pflanzenfressenden Thieren, welche jene organischen Stoffe wieder als Nahrung zu sich nehmen, gehen wieder Umänderungen vor sich, und zwar in der Weise, dass ein Theil derselben assimilirt wird, um zur Erhaltung des Individuums zu dienen, und ein anderer Theil wieder abgeschieden wird und in die organische Natur zurückkehrt, um wieder anderen organischen Wesen als Nahrung zu dienen. Solche sind namentlich Ammoniak, Kohlensäure und Wasser.

So mannichfaltig diese in dem thierischen Organismus vor sich gehenden Metamorphosen auch sind, so unbekannt ist uns, auf welche Art die Umänderung zu wirklich chemischen Gebilden vor sich geht. Solche aus Pflanzenerzeugnissen gebildete sind namentlich der Eiweissstoff, Faserstoff, die leimgebenden Materien, Gallenbestandtheile u. s. w.

Endlich ist aber noch die Anzahl der organischen Verbindungen zu erwähnen, welche auf künstlichem Wege aus den organischen Producten der Pflanzen und Thiere unter gewissen Einflüssen und Einwirkungen von unorganischen Verbindungen gebildet worden

sind. Diese Anzahl ist sehr bedeutend und wird mit jedem Tage durch das rastlose Streben der Chemiker noch grösser.

Minder gross ist die Anzahl derjenigen organischen Verbindungen, welche auf künstlichem Wege aus nur unorganischen Material gebildet werden; als solche können wir z. B. die Essigsäure, das Cyan, die Oxalsäure, Harnstoff u. s. w. anführen.

Gleichwohl wird eine grosse Anzahl von organischen Verbindungen durch freiwillige Zersetzung der organischen Materien hervorgerufen, die namentlich beim Zutritt der Luft und gewissen Temperaturgraden vor sich geht; solche Zersetzungsacte bezeichnet man gewöhnlich als Gährung und Fäulniss. Als Producte dieser Vorgänge haben wir z. B. Milchsäure, Zuckersäure, Dextrin, fette Säuren, Weingeist u. s. w. zu betrachten.

Verschiedene Theorien der organischen Verbindungen.

Theorie der organischen Radicale.

§. 429. Obgleich die auf jene Weise entstandenen organischen Verbindungen rücksichtlich der Anzahl der Elemente nur aus vieren bestehen und in Folge dessen, je nachdem zwei oder drei oder alle vier mit einander verbunden sind, eigentlich drei Classen angehören, so bilden diese Grundstoffe doch eine solche Anzahl organischer Verbindungen, die theils als Säuren, theils als Basen und theils als indifferente Stoffe und Zersetzungsproducte auftreten. Wenn wir nun auch annehmen, dass eine so grosse Anzahl verschiedener Körper durch das verschiedenartige quantitative Zusammentreten jener wenigen Elemente gebildet wird, so muss uns doch dieses fast räthselhaft erscheinen, da sie doch nicht in jedem beliebigen Verhältniss verbunden sind.

Nehmen wir durch Vereinigung der Grundstoffe entstandene, zusammengesetzte Stoffe an, welche in den Verbindungen die Rolle einfacher Radicale spielen und den Verbindungsgesetzen der unzerlegten und zerlegten Elemente folgen, so werden wir nicht mehr staunen, wie es möglich ist, dass solche Schaar von Körpern und chemisch verbundenen Stoffen nur so wenige Elemente als Grundlage haben können. Diese zusammengesetzten Stoffe, welche in den organischen Verbindungen die Rolle einfacher Elemente spielen, nennen wir zusammengesetzte Radicale, und daher wird auch wohl, wenn man diese zu Grunde legt, die organische Chemie oder die Chemie der organischen Verbindungen, die Chemie der zusammengesetzten Radicale genannt, zum Unterschied von der unorganischen Chemie, als die Chemie der einfachen oder Elementar-Radicale.

Sind auch bis jetzt erst wenige solcher Radicale isolirt dargestellt worden, so ist die Annahme ihrer Existenz aus den Verbindungen, welche sie sowohl mit einfachen als auch zusammengesetzten Stoffen eingehen, abzuleiten. Ihre Isolirung gelingt deshalb schwieriger, weil sie wegen ihrer zusammengesetzten Natur bei Abscheidung aus ihren Verbindungen leicht zerfallen. Dieser Theo-

rie der zusammengesetzten Radicale zufolge können wir jede organische Verbindung für ein zusammengesetztes Radical halten, wenn sie einmal in ihren Verbindungen durch ein einfaches Element vertreten werden kann, und diese wieder zu ersetzen im Stande ist; wenn sie ferner die Fähigkeit in sich trägt, mit Elementarstoffen eine Reihe äquivalenter Verbindungen zu bilden, und endlich ihr die Eigenschaft nicht fehlt, gleich den Elementarstoffen sich in verschiedenen bestimmten Verhältnissen sowohl mit Elementarstoffen als auch zusammengesetzten Radicalen zu verbinden.

Diese Theorie hat sich, wenn auch nicht alle zusammengesetzten sämtlichen hier aufgeführten Bedingungen genügen, der besten Erfolge zu erfreuen gehabt und findet auch weit mehr Anhang als die später zu erwähnenden Theorien. Wir wollen daher diese ausführlich besprechen und es soll auch später eine Eintheilung der Verbindungen nach dieser Theorie folgen. Die Einwürfe, welche der Radicaltheorie von ihren Gegnern gemacht werden, beziehen sich namentlich darauf, dass man noch nicht alle isolirt hat; diese werden aber aus dem Grunde schwer zu bestreiten sein, weil die meisten, wie schon erwähnt, noch nicht isolirt dargestellt worden sind. Jedoch wissen wir, dass das aus Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzte Cyan, welches die Stelle eines Radicals spielt, und sowohl mit Metallen als auch mit den Nichtmetallen Verbindungen eingeht, isolirt werden kann. Ausserdem sind ja neuerdings das Kakodyl ($\kappa\alpha\kappa\acute{o}\varsigma$, schlecht, ὀδεν, riechen, ὕλη, Stoff) das Aethyl, Amyl isolirt (Frankland), und neuerdings ein antimonhaltiges organisches Radical von Löwig und Schweizer dargestellt worden, welches sie Stibäthyl nennen. Kolbe unterwarf neuerdings organische Verbindungen der Elektrolyse (siehe diesen Artikel), und es gelang ihm, auf diese Weise durch Einwirkung des galvanischen Stromes aus valeriansaurem Kali das Valyl, als das Radical der Valeriansäure, abzuscheiden.

Wäre es aber auch nicht gelungen, diese organischen Radicale isolirt darzustellen, so ist das Aethyl schon längst (Aethylalkoholradical aus 4 Atom Kohlenstoff und 5 Atom Wasserstoff bestehend) in seinen Verbindungen mit Chlor, Brom, Jod u. s. w. bekannt, mit denen es sich genau nach denselben Verhältnissen wie das Kalium verbindet.

Das noch nicht isolirte Formyl, das Radical der Ameisensäure, bildet mit Sauerstoff dieselbe und verbindet sich mit Chlor, Brom u. s. w. zu Verbindungen, welche der Ameisensäure entsprechen. Endlich können wir aber auch noch anführen, dass es auch unter unorganischen Verbindungen, z. B. bei denen des Fluors, vorkommt, dass man in ihnen dasselbe als Radical annimmt, obgleich es noch nicht isolirt dargestellt wurde.

Zweifeln wir nun nicht an der Existenz der organischen Radicale in den Verbindungen, aus denen sie noch nicht dargestellt worden sind, und wissen wir ihre Existenz in den Verbindungen, aus denen sie isolirt werden, so können wir sie auch in den Verbindungen annehmen, welche mit jenen in ihrer Zusammensetzung

übereinstimmen. Wir haben daher in allen organischen Verbindungen von dem wissenschaftlichen Standpunkte aus die organischen Radicale als die näheren Bestandtheile zu betrachten, und die Elemente als die entfernteren, welche jedoch nur dann hervortreten, wenn die organische Zusammensetzung vernichtet ist.

Man theilt sie in singuläre, binäre, ternäre und quaternäre Verbindungen, je nach dem sie aus zwei, drei oder vier Elementen zusammengesetzt sind. Bestehen sie aus Kohlenstoff und Wasserstoff, so hängt man die Endsilbe yl (von ὕλη, Stoff) an, wie z. B. Aethyl, Acetyl, Formyl, Amyl u. s. w. Die aus Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzten erhalten die Endung an, wie z. B. das Cyan; enthalten sie aber auch noch Wasserstoff, so bezeichnet man sie durch die Endsilbe ên, z. B. Poliên.

Die zusammengesetzten Radicale werden auf verschiedene Weise gebildet, nämlich durch den Lebensprocess der Pflanzen, zuweilen auch durch den der Thiere; durch Zersetzung unorganischer Verbindungen, des Ammoniaks, der Kohlensäure und des Wassers; ferner durch Verbindung unorganischer Elemente und durch Zersetzung vorhandener, zusammengesetzter Radicale in Folge äusserer Einflüsse; durch künstliche Einwirkung.

Wenn man nun auch einräumen muss, dass die Theorie der Radicale noch Manches gegen sich hat, da im Ganzen erst sehr wenige zusammengesetzte Radicale dargestellt sind, so ist sie doch jetzt die leitende in der organischen Chemie und namentlich für das Studium ausserordentlich erleichternd, indem sie geeignet ist, einen Ueberblick über den Zusammenhang grosser Gruppen zu gewähren und die unorganische Chemie ihr in mancher Beziehung besser als Leitfaden dienen kann.

Bevor wir aber zu der Classification der organischen Verbindungen, denen wir die Radicaltheorie zu Grunde legen, übergehen, wollen wir hier noch einige andere Theorien über die organischen Verbindungen erwähnen, und zwar zunächst die sogenannte Substitutionstheorie, auch Ersetzungstheorie oder Metalepsie (von μετάληψις, Tausch) genannt, welche namentlich von französischen Chemikern aufgestellt wurde.

Substitutionstheorie.

§. 430. Diese Theorie beruht im Wesentlichen darauf, dass bei Einwirkung der Salzbilder auf wasserstoffhaltige organische Körper denselben der Wasserstoff entzogen wird und ein Aequivalent des Chlors u. s. w. an die Stelle eines Aequivalents Wasserstoff tritt, ohne dass bei diesem Austausch die chemischen Eigenschaften des organischen Körpers wesentlich verändert werden.

Dumas, welcher diese Theorie aufstellte, fand bei seinen Versuchen, dass bei Einwirkung des Chlors auf Essigsäure sämmtlicher Wasserstoff durch Chlor ersetzt und Chloressigsäure gebildet wird, und kam in Folge dessen zu der Ansicht, dass Körper, in denen ein solcher Austausch ihrer Elemente stattfände, ihre chemischen

Eigenschaften nicht verändern. Er nannte diese Körper, bei denen solche Substitution stattfindet, Verbindungen nach denselben Typen.

Jedoch steht eine solche Substitution ganz und gar mit der elektrochemischen Theorie im Widerspruch, denn es ist nicht denkbar, dass zwei ganz elektrochemisch verschiedene Elemente, das Chlor, eins der elektronegativsten, der Wasserstoff, ein elektropositives, in einer Verbindung eine und dieselbe Rolle spielen sollen. Es muss demnach die Anwendung der elektrochemischen Theorie in Zweifel gezogen werden, wie Dumas dies auch gethan hat.

Wir sehen, dass übrigens bei dieser Theorie eigentlich die chemische Natur der Elemente gar nicht in Betracht kommt, sondern nur ihre relative Stellung zu einander. Wollte man sie streng nehmen, so müsste also ein jedes Element durch ein anderes ersetzt werden können, denn Dumas spricht sich dahin aus, dass der chemische Typus einer Verbindung darin besteht, dass in ihr nach und nach die Elemente ersetzt werden können, ohne dass die erste chemische Verbindung eine Umänderung erleidet, woraus natürlich folgt, dass ihre chemischen Eigenschaften nicht zu berücksichtigen sind, es kommt nur auf eine gleiche Anzahl von Aequivalenten an, welche auf dieselbe Weise mit einander verbunden und mit gleichen Eigenschaften begabt sind.

Hiernach würde also, wenn wir die Aequivalentzahl der in einer organischen Verbindung enthaltenen Elemente, z. B. die Essigsäure, durch eine gleiche Aequivalentzahl Chlor ersetzten, diese dieselben Eigenschaften besitzen müssen. Oder würden in einer Verbindung, welche aus 4 Aequivalenten Kohlenstoff und 4 Aequivalenten Chlor zusammengesetzt ist, die 4 Aequivalente Kohlenstoff durch 4 Aequivalente Chlor ersetzt, so würde eine Verbindung entstehen, welche aus 4 Atomen Chlor und 4 Atomen Chlor besteht und gleiche Grundeigenschaften mit jenem Chlorkohlenstoff hat. Es ist einleuchtend, dass eine solche Theorie nicht durchgreifend sein kann, und wollte man auch annehmen, dass wirklich diese Substitution bei binären auf ein Element und bei ternären sich auf zwei Elemente ausdehnte, so würde doch diese Theorie mit vieler Willkührlichkeit verbunden sein, und den chemischen Gegensatz, welcher hinreichend in der Chemie bewiesen ist, ganz ausser Augen lassen.

Kerntheorie.

§. 434. Eine andere aus dieser Theorie entstandene ist die Kerntheorie, nach welcher man sich die organischen Verbindungen als aus Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff bestehend oder hervorgegangen betrachtet, in denen die Aequivalente des Wasserstoffs durch andere Elemente ersetzt werden können. Man nennt die ursprünglichen Kohlenwasserstoffe die Urkerne, Stammkerne, diejenigen Verbindungen, in denen ein Theil oder die Gesamtmenge ihres Wasserstoffs durch andere Körper sich genau ersetzt findet, die abgeleiteten Kerne.

Hiernach wird ebenfalls die Aequivalentzahl und die Anordnung der Elemente mehr berücksichtigt, als die Art derselben. Die Grundstoffe oder Verbindungen, welche in die Stammkerne eingehen, lassen sich ohne Zerstörung der Verbindung durch die gewöhnlichen Reagentien nicht nachweisen, dagegen können Namenkerne und abgeleitete Kerne auch solche Verbindungen eingehen, in denen der Stammkern oder der abgeleitete Kern in seiner eigenthümlichen Form oder Zusammensetzung nicht verändert ist.

Lehre von den Paarlingen.

§. 432. Endlich wollen wir noch eine andere Vorstellungsweise von den organischen Verbindungen erwähnen, nämlich die Lehre von den Paarlingen.

Diese Lehre gründet sich darauf, dass ein chemisch wirksames Oxyd sich mit einem anderen zusammengesetzten Körper verbinden kann, und dabei seinen Hauptcharakter behauptet. Wenn auch der zu diesem Oxyd hinzugetretene Körper die Eigenschaften modificirt, so hebt derselbe die chemische Natur des Oxyds doch nicht auf und er wird deshalb als Paarling betrachtet.

Namentlich ist die Schwefelsäure (als chemisch wirksames Oxyd), dann aber auch die Phosphorsäure, Salpetersäure u. s. w. für solche Paarung mit organischen Körpern geeignet. Zu den Paarlingen gehören, nach Berzelius, zusammengesetzte Radicale oder binäre nicht oxydirte Körper, z. B. Kohlenwasserstoffe, Amid und Amidverbindungen, Chlorverbindungen und Oxyde u. s. w. Ebenso hat Berzelius diese Theorie auch auf die organischen Basen angewandt, indem er in ihnen das Ammoniak als Ursache der Basicität voraussetzt, das mit gewissen organischen Körpern sich zu Alkaloiden paart.

Schlussbemerkung.

§. 433. Wir haben hier nun das Wesentlichste der aufgestellten Ansichten über organische Verbindungen berührt, müssen aber bei allen hervorheben, dass noch viele Hypothesen zum Grunde liegen. Da aber die Radicaltheorie am meisten ausgebildet und in Deutschland die meisten Anhänger gefunden hat, namentlich aber zur leichten Auffassung des Zusammenhangs organischer Verbindungen am meisten behülflich ist, so wollen wir sie hier unserer wissenschaftlichen Classification der organischen Verbindungen zu Grunde legen.

Eintheilung der organischen Verbindungen.

Classification der Radicale.

§. 434. Die organischen Radicale zerfallen nach der Zahl der Elemente, aus denen sie zusammengesetzt sind, wie erwähnt:

- a) in singuläre Radicale, aus einem zusammengesetzten Atom Kohlenstoff bestehend, z. B. in der Oxalsäure (C_2, O_3).

b) in binäre Radicale.

α) Sie können aus einem zusammengesetzten Atom Kohlenstoff und einem einfachen oder zusammengesetzten Atom Stickstoff bestehen, z. B. Cyan (2 Atome Kohlenstoff und 1 Atom Stickstoff), Paraban.

β) Sie können ferner aus einem zusammengesetzten Atom Kohlenstoff und einem zusammengesetzten Atom Wasserstoff bestehen, z. B. Aethyl, Amyl, Acetyl, Benzoyl.

γ) Ferner aus einem einfachen oder zusammengesetzten Atom Stickstoff und einem zusammengesetzten Atom Wasserstoff, z. B. Amide, Imide, Nitryle (Nitrile).

c) in ternäre Radicale.

α) Sie können aus einfachen und zusammengesetzten Atomen Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff bestehen, z. B. Urên, Leucên, Phaiên.

β) Oder aus einfachen und zusammengesetzten Atomen Kohlenstoff, Arsenik (Phosphor) und Wasserstoff, z. B. Kakodyl.

d) in quaternäre Radicale. Diese können aus einfachen und zusammengesetzten Atomen Kohlenstoff, Stickstoff, Arsenik (Phosphor) und Wasserstoff bestehen.

Wenn Kohlenstoff, Stickstoff, Arsenik und Phosphor in den binären, ternären und quaternären Radicalen gemeinschaftlich zu einem Körper verbunden gedacht werden müssen, können sie als sich gegenseitig vertretend angesehen werden und daher kann man sämtliche zusammengesetzte Radicale auf singuläre und binäre reduciren.

Hiernach würde man zu den singulären Radicalen die aus Kohlenstoff und Stickstoff bestehenden, wie das Cyan, zu zählen haben, indem man die in demselben enthaltenen zwei einzelnen Atome Kohlenstoff und das einfache Atom Stickstoff zu einem gemeinschaftlichen Atom vereinigt betrachtet.

Die aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzten binären Radicale, welche in der organischen Natur sehr verbreitet sind, betrachtet man aus der Vereinigung der einfachen Atome Kohlenstoff und der einfachen Atome Wasserstoff entstanden.

In den binären Radicalen, welche aus Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind, bilden die einfachen Kohlen- und Stickstoffatome ein gemeinschaftliches singuläres Atom u. s. w. Eben dasselbe gilt für die aus Kohlenstoff, Arsenik (Phosphor) und Wasserstoff bestehenden Radicale.

Von manchen Chemikern werden auch Radicale angenommen, welche auf folgende Art gruppiert sind: Kohlenstoff und Sauerstoff; Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel; Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff; Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel u. s. w.

Weitere Raisonsnements hierüber folgen später bei der atomistischen Constitution.

Die verschiedenen Ordnungen der organischen Verbindungen.

§. 435. Die Verbindungen der zusammengesetzten Radicale zerfallen in Verbindungen erster Ordnung, Verbindungen zweiter Ordnung, Verbindungen dritter Ordnung.

Da die zusammengesetzten Radicale sich wie Elemente verhalten, so müssen sie sich sowohl mit Elementarstoffen als auch unter einander verbinden können. Wenn auch dies nicht mit allen möglich, so sind doch z. B. Verbindungen mit Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel, den Salzbildern und Metallen bekannt.

Die erste Ordnung zerfällt daher in zwei Unterabtheilungen:

a) in Verbindungen der zusammengesetzten Radicale mit Elementarstoffen.

b) Verbindungen der zusammengesetzten Radicale unter einander.

Die Verbindungen der ersten Unterabtheilungen können eingetheilt werden in:

α) Sauerstoffverbindungen, welche sowohl in der organischen Natur häufig vorkommen, als auch auf künstliche Weise durch Zersetzung dargestellt werden können, z. B. Aethyloxyd, Methyloxyd, Acetyloxyd, Glycyloxyd, Essigsäure, Weinsäure, Benzoësäure, Baldriansäure u. s. w.

β) Verbindungen mit Schwefel. Diese kommen in der Natur seltener vor und werden meistens künstlich erhalten, z. B. Senföl, Schwefelbenzoyl, Schwefelelayl, Schwefelmethyl, Schwefelcyan u. s. w.

γ) Verbindungen mit Salzbildern, z. B. Chlorformyl, Bromformyl, Bromcyan, Jodcyan, Chloräthyl u. s. w.

δ) Verbindungen mit Stickstoff. Bis jetzt sehr wenig bekannt. Hierher gehört z. B. Stickstoffbenzoyl.

ε) Verbindungen mit Metallen, z. B. Cyanzink, Cyankalium, Antimonäthyl.

η) Verbindungen mit Wasserstoff, z. B. Cyanwasserstoffsäure.

Die zweite Unterabtheilung erster Ordnung umfasst die Verbindungen der zusammengesetzten Radicale unter einander. Diese sind, wenn sie auch häufig in der Natur vorkommen, oft sehr schwierig nachzuweisen, weil sie wegen der complicirten Zusammensetzung sehr leicht zersetzbar sind. Hierher kann man die Verbindungen des Cyans mit Aethyl, Methyl u. s. w. zählen.

Anmerkung. Wie die gleichartigen Bestandtheile sich in den zusammengesetzten Radicalen gegenseitig vertreten können, so können auch die zusammengesetzten Radicale durch Elementarstoffe ersetzt werden, ohne dass dadurch eine Aenderung in der chemischen Natur der Verbindung vor sich geht, z. B. Benzoësäure (Benzoyl + 3 Atom Sauerstoff), Chlorbenzoylsäure (Benzoyl + 2 Atom Sauerstoff + 1 Atom Chlor). In der Chlorbenzoylsäure ist also 1 Atom Sauerstoff durch 1 Atom Chlor vertreten. (Siehe die atomistische Constitution chemischer Verbindungen.)

Verbindungen zweiter Ordnung. Diese entstehen durch Vereinigung der organischen Verbindungen erster Ordnung mit unorganischen Verbindungen erster Ordnung und mit organischen Verbindungen erster Ordnung.

Diese zerfallen ebenfalls wieder in Sauerstoff-, Schwefel- und Cyanverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen.

α) Verbindungen erster Ordnung mit Wasser (Hydrate), z. B. Weinsäurehydrat, Aethyloxydhydrat (Weingeist), Essigsäurehydrat u. s. w.

β) Verbindungen organischer Basen mit unorganischen und organischen Sauerstoffsäuren. Theils kommen sie in der Natur vor, theils können sie künstlich dargestellt werden, z. B. schwefelsaures Aethyloxyd, weinsaures Aethyloxyd, stearinsaures und margarylsaures Glycyloxyd u. s. w.

γ) Verbindungen unorganischer Sauerstoffbasen mit organischen Sauerstoffsäuren und Sauerstoffbasen. Sie entstehen grösstentheils auf künstlichem Wege, theils aber auch durch directe Vereinigung und durch die Zersetzung der Hydrate mit Hülfe eines Alkali. Hierher gehören z. B. baldriansaures Kali, ameisensaures Kali, Aethyloxydkali u. s. w.

δ) Verbindungen unorganischer Wasserstoffbasen mit organischen Sauerstoffsäuren und sauren Radicalen. Gepaarte Basen nennt man diese Verbindungen alsdann, wenn sie noch mit basischen Eigenschaften begabt sind und als solche, ohne eine Zersetzung zu erleiden, sich mit Säuren verbinden können.

Hierher gehören sämtliche ammoniakalische Salze. Durch Einwirkung von Ammoniak auf organische Säuren entstehen Amid- und Imidverbindungen, indem Wasserstoffatome (1 oder 2) durch eine äquivalente Zahl Sauerstoffatome der Säure in Wasser umgewandelt werden und sich die reducirte Säure mit Imid oder Amid verbindet. Ferner gehören die sogenannten Basen oder Alkaloide hierher, welche als Verbindungen von Amid und Ammoniak mit organischen Radicalen oder Oxyden zu betrachten sind. Sie vereinigen sich ganz wie das Ammoniak mit Sauerstoff- und Wasserstoffsäuren.

In die erste Gruppe gehört z. B. das Oxamid (eine Verbindung von oxatylicher Säure mit Amid), durch Einwirkung des Ammoniaks auf Oxalsäure entstanden; ferner das Benzamid, welches durch Einwirkung wasserfreien Ammoniaks auf Chlorobenzoyloxyd entsteht, indem sich zu gleicher Zeit Chlorammonium bildet. In die zweite Gruppe gehören die in gewissen Pflanzen vorkommenden organischen Basen, wie z. B. Morphin, Strychnin, Chinin, Concin u. s. w.

ε) Verbindungen organischer und unorganischer Säuren mit organischen Verbindungen zu gepaarten Säuren, z. B. Naphtalinschwefelsäure, Mandelsäure (eine Verbindung von Ameisensäure mit Bittermandelöl) u. s. w.

b) Schwefelverbindungen zweiter Ordnung zerfallen wieder in drei Gruppen.

- α) Schwefelverbindungen erster Ordnung mit Schwefelwasserstoff, den Hydraten der Sauerstoffverbindungen erster Ordnung entsprechend. Diese Verbindungen werden fast alle künstlich erhalten und umfassen z. B. Schwefeläthylwasserstoffsäure, Cyanschwefelwasserstoffsäure u. s. w. in sich.
- β) Verbindungen organischer Sulfosäuren mit unorganischen und organischen Sulfobasen, sowie Verbindungen organischer Sulfobasen und Sulfosäuren mit unorganischen Sulfobasen, z. B. sulfocyansaures Schwefeläthyl, sulfocyansaures Kali, Schwefelmethyl-Schwefelkalium u. s. w.

c) Cyanverbindungen zweiter Ordnung sind z. B. einfaches Cyaneisenkalium, Eisencyanwasserstoffsäure u. s. w. Schwefelverbindungen mit Sauerstoffverbindungen vereinigt kennt man nur wenige, z. B. Aethyloxydsulfokohlensäure.

Wenn man die Stickstoff-freien Verbindungen des Pflanzenreichs, wie Stärke, Traubenzucker, Gummi als Verbindungen von Sauerstoff- und Wasserstoffbasen betrachten kann, so gehören sie ebenfalls den Verbindungen zweiter Ordnung an.

Verbindungen dritter Ordnung. Die Verbindungen der zusammengesetzten Radicale dritter Ordnung umfassen die organischen Verbindungen zweiter Ordnung mit unorganischen und organischen Verbindungen erster Ordnung; sowie diejenigen, welche aus Verbindungen zweiter Ordnung unter einander bestehen. Hierher gehören:

- 1) Verbindungen von gepaarten Basen mit unorganischen und organischen Säuren, welche sich sowohl in der Natur vorfinden als auch künstlich dargestellt werden können; z. B. schwefelsaures und essigsaures Chinin, salpetersaurer Harnstoff, essigsaures Cinchonin u. s. w.
- 2) Verbindungen gepaarter Säuren mit unorganischen und organischen Basen; z. B. benzoylschwefelsaures Kali, äthion-saures Kali.
- 3) Saure Verbindungen, bestehend aus neutralen Verbindungen zweiter Ordnung mit den Hydraten der unorganischen und organischen Säuren. Gepaarte Säuren dritter Ordnung, z. B. Aethyloxydschwefelsäure.
- 4) Doppelsalze, welche aus zwei neutralen Verbindungen zweiter Ordnung mit Sauerstoff- und ebenfalls mit Wasserstoffbasen bestehen, z. B. ätherkleesaures Kali, ätherweinsaures Kali u. s. w. Zu den Doppelverbindungen mit Wasserstoffbasen kann man folgende nehmen, z. B. Ammelin, Allantoin u. s. w.

An diese Verbindungen sind auch wohl manche indifferente Stickstoff-freie und Stickstoff-haltige Verbindungen, wie Salicin, Phloridzin, Amygdalin u. s. w. zu zählen. Ausserdem gehören die sogenannten Proteinverbindungen hierher.

§. 436. Möge diese Eintheilung, wenn sie auch nicht so vollkommen erscheint und manche Hypothese in sich schliesst, wenigstens einen leichteren Ueberblick über die organischen Verbindungen

nach wissenschaftlichen Principien geben. Wäre es auch vielleicht zweckmässiger gewesen und für die Verständlichkeit instructiver, diese Eintheilung erst nach Abhandlung der atomistischen Theorie folgen zu lassen, so gehörte doch unzweifelhaft die Eintheilung in dieses Capitel der chemischen Verbindungen, obgleich die atomistische Constitution der organischen aus dem angeführten Grunde erst später besprochen werden kann.

Da die organischen Radicale nun aber grösstentheils noch nicht isolirt sind, so wird es auch schwierig sein, diese streng wissenschaftliche Eintheilung, bei der die von Löwig in seinem trefflichen Lehrbuche zu Grunde gelegt wurde, für specielle Beschreibung der Verbindungen zu benutzen. Wären nun die organischen Radicale und die Verbindungen derselben isolirt dargestellt, würde dies der Fall sein können, so wird man aber auf manche Schwierigkeiten stossen, wenn dies auf systematischem Wege durchgesetzt werden sollte.

In welcher Weise die organischen Verbindungen in speciellen Lehrbüchern abgehandelt werden, ist sehr verschieden, und es ist gewiss eine jede befolgte Ordnung nicht zu tadeln, wenn sie auch nicht streng systematisch, aber doch wenigstens auf wissenschaftliche Principien basirt, einen leichteren Ueberblick über das täglich wachsende Material gewährt, welches in die Chemie der organischen Verbindungen eingereiht wird. Manche befolgen die künstliche Eintheilung nach streng wissenschaftlichen Principien, indem sie die organischen Verbindungen in einer Reihenfolge abhandeln, wie man sich dieselben aus hypothetischen Radicalen entsprungen denkt. Andere wählen den Weg der natürlichen Familien, indem sie gewisse Haupteigenschaften und natürliche Verwandtschaft in den einzelnen Verbindungen zu Grunde legen.

Eine solche Ordnung nach Familien ist jedenfalls sehr praktisch und gewährt namentlich beim Studium der organischen Chemie einen sehr erleichternden Ueberblick über das Gebiet derselben. Wir wollen daher wenigstens hier eine solche Anordnung folgen lassen, wie sie z. B. auch Schlossberger in seinem trefflichen Lehrbuch der organischen Chemie befolgt hat.

I. Familie. Neutrale Kohlenhydrate. Stickstoff-freie, indifferente Körper. Cellulose. Amylum, Zucker, Gummi und Pflanzenschleim.

II. Familie. Pectinkörper (von πήκτις, Gerinnsel). Stickstoff-freie, theils neutrale, theils saure Substanzen, die bloss im Pflanzenreich vorkommen. Diese stehen zwar den Kohlenhydraten sehr nahe, unterscheiden sich aber von denselben durch überschüssigen Sauerstoff. Pectose, Pectin, Parapectin, Metapectin u. s. w.

III. Familie. Proteinkörper (von πρωτεῖω, ich nehme den ersten Platz ein). Stickstoff-reiche, indifferente Körper. Sie enthalten ausser den vier bekannten organischen Elementarstoffen noch Schwefel und (Phosphor)? Sie finden sich in jedem lebenden Wesen. Albumin, Fibrin, Casein, Kleber.

IV. Familie. Chitin. Hierher gehört nur ein Stoff, welcher in den niederen Gliederthieren vorkommt und deshalb den Namen erhalten hat, weil er die Hülle (χιτών) derselben bildet.

V. Familie. Die leimgebenden Materien. Stickstoffreiche, schwefelhaltige Körper, welche nur in animalischen Körpern vorkommen. Collagen, glotengebendes Gewebe, Chondrogen oder Knorpelleim bildendes Gewebe.

VI. Familie. Thierische Farbstoffe. Blutroth (Hämetosine), Harnroth (Urerithoin), Gallenfarbstoff u. s. w.

VII. Familie. Die Fette. Hydrate der fetten Säuren. Fettsaure Salze mit unorganischer Basis und solche mit organischer Basis. Indifferente, nicht verseifbare Fette u. s. w.; z. B. Buttersäure, Margarinsäure, Talgsäure, Oleinsäure, Myristicinsäure, Cetinsäure u. s. w. Organische Basen, die mit den Fettsäuren vorkommen, sind z. B. Glyceryloxyd, Lipyloxyd, Cetyloxyd u. s. w. Nicht verseifbare Fette sind z. B. Gallenfett, Myricin?

VIII. Familie. Alkohole, Aether und Aldehyde, Aethyl und seine Verbindungen, Acetyl und seine Verbindungen, Methyl und seine Verbindungen.

IX. Familie. Aetherische Oele. Die grosse Zahl der ätherischen Oele, welche aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, z. B. Terpentinöl, Citronenöl, Wacholderbeerenöl oder die sogenannte Camphêngruppe. Ferner gehören unter diese Familie das Steinöl, das Cumöl, Cymöl u. s. w.

Eine andere Gruppe ist die der sauerstoffhaltigen Oele, welche man wieder in zwei Unterabtheilungen eintheilt, nämlich in solche, bei denen kein entschiedenes Radical aufgestellt werden kann, und in solche, bei denen in manchen Verbindungen ein Radical nachweisbar ist.

In die erste Abtheilung sind z. B. der Borneocampfer und der Laurineencampfer u. s. w. zu zählen; in die zweite die Cinnamyl-, Phenyl-, Spiroyl- und Benzoylreihen u. s. w.

X. Familie. Harze. Manche sind indifferent, manche sauer, und wieder andere sind basischer Natur (diese sind stickstoffhaltig und werden nicht in diese Familie gezählt, sondern zu den Alkaloiden gerechnet). Hierher gehören z. B. Terpentinharz, Sylvinsäure, Colopholsäure u. s. w.

XI. Familie. Kautschuckkörper. Federharz, Vogelleim, Gutta percha.

XII. Familie. Humuskörper. Quellsäure, Quellsalzsäure, Huminsäure, Ulminsäure.

XIII. Familie. Extractivstoffe.

XIV. Familie. Gerbstoffe und ihre unmittelbaren Zersetzungsproducte. Eichengerbstoff, Catechugerbsäure, Kino-gerbstoff, Chinagerbstoff, Gallussäure, Brenzgallussäure u. s. w.

XV. Familie. Organische Säuren. a) Stickstoff-freie Säuren, z. B. Oxalsäure, Bernsteinsäure, Zuckersäure, Schleimsäure, Milchsäure, Weinsäure u. s. w. b) Stickstoff-haltige Säuren, z. B. Harnsäure, Hippursäure u. s. w.

XVI. Familie. Amide, Imide und Nitrile. Verschiedene Vereinigungsstufen des Stickstoffs mit dem Wasserstoff, die gebildet werden, indem die organischen Ammoniaksalze ein oder mehrere Wasseratome in Gemeinschaft mit einer entsprechenden Zahl von Sauerstoffäquivalenten die Säure verlieren. Hierher gehören z. B. Oxamid, Benzamid, Acetamid, Camphimid, Benzonitril.

XVII. Familie. Alkaloide oder organische Basen. Sie sind theils Naturproducte, theils werden sie künstlich dargestellt. Sie enthalten sämmtlich Stickstoff, aber nicht alle Sauerstoff, und einige auch Schwefel. Sauerstofffreie (ternäre Alkaloide) sind z. B. Nicotin, Anilin, Conicin u. s. w. Sauerstoffhaltige oder quaternäre Alkaloide sind z. B. Morphin, Narcotin, Chinin, Piperin, Caffein u. s. w.

XVIII. Familie. Indifferente krystallisirbare stickstoffhaltige Körper, z. B. Amygdalin, Bilin u. s. w.

XIX. Familie. Indifferente krystallisirbare stickstofffreie Körper. a) Ternäre Bitterstoffe, z. B. Salicin, Phloridzin, Olivin, Cetrarin, Athamantin, Columbin u. s. w. b) Ternäre Süßstoffe, z. B. Mannit, Glycyrrhizin u. s. w.

XX. Familie. Chromogene ($\chi\rho\omega\mu\alpha$, Farbe, und $\gamma\epsilon\nu\nu\acute{\alpha}\omega$, ich erzeuge) und die vegetabilischen Farbstoffe, z. B. Indigo, Safflor, Crocin, Usnin, Chlorophyll u. s. w.

XXI. Familie. Kohlenstoffradicale und deren Ableitungen, z. B. Cyan, Paracyan, Mellan u. s. w.

Siebentes Capitel.

Die elektrochemische Theorie zur Erklärung des chemischen Processes.

Aeltere Verbrennungstheorie.

§. 437. Sowohl die Grundlagen der chemischen Verbindungen, als auch diese selbst beschäftigten uns im vorigen Capitel in einer allgemeinen und systematischen Weise, wie es unser Zweck erfordert.

Es drängt sich uns aber nun unwillkürlich die Frage auf, wie wir uns den Vorgang bei den durch Affinität hervorgerufenen Verbindungen und Zersetzungen oder den sogenannten chemischen Process zu denken haben, so dass wir nicht umgehen können, uns darüber, so viel nach dem Standpunkte der Wissenschaft möglich ist, Aufschluss zu geben.

Die Entwicklung von Wärme und Licht, oder überhaupt die Feuererscheinungen, welche wir bei chemischen Processen wahrnehmen, war schon lange als Verbrennung bekannt. Eine Erklärung dafür suchte aber zuerst Stahl im Anfange des vorigen Jahrhunderts zu geben, indem er die Theorie der Verbrennung aufstellte, nach welcher in jedem brennbaren Körper eine Art Feuergeist

oder ein eigenthümlicher brennbarer Stoff, welchen er Phlogiston nannte, enthalten sein solle. Stahl stellte sich nach seiner Theorie, welche die phlogistische genannt wurde, vor, dass beim Verbrennen eines Körpers dieses Phlogiston entweiche, und je lebhafter die Verbrennung des Körpers erschien, desto reicher war dieselbe an jenem hypothetischen Stoffe.

Beim Verbrennen wird nach dieser Theorie das Phlogiston in die Luft zerstreut und als unverbrennliche Radicale, je nach der Natur derselben, bleiben Kalke oder Säuren zurück. Also müssten z. B. alle Metalle aus Metalloxyd (Metallkalk) und Phlogiston, der Schwefel aus Schwefelsäure und Phlogiston bestehen, und durch das Verbrennen am Gewicht verlieren.

Den Process des Verbrennens nannte Stahl dephlogisticiren, da hierbei nach seiner Ansicht Phlogiston entweichen musste; wurde aber ein verbranntes Metall durch Erhitzen mit Kohle wieder verbrennlich, so glaubte er, das Phlogiston sei wieder mit ihm verbunden oder phlogisticirt worden. Die Kohle war also hier eine Verbindung von Kohlensäure mit Phlogiston, und wenn nach unseren heutigen Begriffen ein Metalloxyd mittelst Kohle reducirt wird, so erblickte man damals eine Verbindung darin. Stahl sah also da eine Zersetzung, wo wir eine Verbindung annehmen.

Als aber nun Lavoisier gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts bewies, dass die Metalle beim Verbrennen nicht am Gewicht verlieren, sondern sogar zunehmen, und zwar gerade so viel, als das Gewicht des verschwundenen Sauerstoffs der Luft beträgt, kam man zu der Ueberzeugung, dass jene phlogistische Theorie einen Widerspruch in sich enthalte. Dieser ziemlich ein halbes Jahrhundert gehuldigten Stahl'schen Theorie wurde nun durch die von Lavoisier aufgestellte sogenannte antiphlogistische Theorie, nach welcher jede Verbrennung in einer Verbindung der Körper mit Sauerstoff besteht, der Rang streitig gemacht, und jene musste dem Siege unterliegen.

Die Licht- und Wärmeentwicklung erklärte man sich nun nach dieser Theorie dadurch, dass man annahm, der Sauerstoff sei eine Verbindung dieses Elementes mit Licht- und Wärmestoff, welche bei der Verbindung mit anderen Elementen frei würden. Man leitete also diese Erscheinung vom Freiwerden der latenten Wärme des Sauerstoffes her. Durch vielfach angestellte Versuche kam man nun zu den Resultaten, dass nicht allein bei der Vereinigung des Sauerstoffes mit einem anderen Körper, sondern überhaupt bei chemischen Verbindungen und Zersetzungen sich eine Feuerentwicklung zeigen könne, und es wurde einleuchtend, dass die Feuerentwicklung dem Verbindungsacte chemischer Vereinigung im Allgemeinen angehöre, dass bei einer jeden chemischen Verbindung eine, wenn auch noch so geringe Entwicklung von Wärme und nicht selten von Licht stattfindet.

Wenn nun auch wirklich bei Veränderung des Aggregatzustandes, d. h. wenn z. B. ein gasförmiger durch die Verbindung, welche er eingeht, zum festen wird, Wärme frei wird, so kann dies doch

nicht gelten, wenn das Product ein gasförmiges ist. Man suchte daher das Freiwerden latenter Wärme bei chemischen Verbindungen dadurch zu erklären, dass man die specifische Wärme des Verbrennungsproductes geringer annahm, als die seiner Bestandtheile. Jedoch beweisen spätere Erfahrungen, dass, welche Wärmemenge auch bei der Verbrennung frei werde, diese in keiner Beziehung zur specifischen Wärme der sich mit einander verbindenden Stoffe steht, und dass die specifische Wärme des neuen Productes meistens nicht geringer ist als die seiner Bestandtheile, sondern vielmehr häufig noch grösser, so dass man annehmen kann, dass die Verbindung der Umgebung noch Wärme entzogen hat. So ist z. B. die specifische Wärme einer bestimmten Quantität Wassers beinahe noch einmal so gross als die Summe der specifischen Wärme der ihm zugehörigen Sauerstoffmenge und des in demselben enthaltenen Wasserstoffs. Ausserdem ist noch zu bemerken, dass die bei der Verbrennung des Wasserstoffes gebildeten Wasserdämpfe ein unendlich grösseres Volumen durch die entwickelte Wärme einnehmen, als Sauerstoff und Wasserstoff vor ihrer Vereinigung haben; es ist also der Grund der Wärmeentwicklung nicht in der Verminderung der specifischen Wärme zu suchen, sondern jene muss nothwendiger Weise von andern Ursachen abhängen.

Die Theorie Lavoisier's über Verbrennung würde aber dennoch Geltung behalten haben, wenn sie wegen später gemachter Erfahrungen umfassend genug gewesen wäre. Nach Versuchen mancher Art stellte sich heraus, dass auch, wie schon erwähnt, bei Vereinigung von anderen Elementen dieselben Erscheinungen wahrgenommen werden konnten; so können sich z. B. die meisten Metalle mit Schwefel unter Wärme- und Lichtentwicklung vereinigen; nachdem Chlor, Brom, Jod entdeckt worden waren, fand man auch, dass diese Körper sich im gasförmigen Zustande mit vielen Elementen unter denselben Erscheinungen vereinigen können. Antimon entzündet sich schon sogar bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas, Kalium verbrennt in Chlor, Brom oder Jodgas, und es entstehen daraus Verbindungen von Kaliumchlorid, Bromid, Jodid, wie beim Verbrennen in Sauerstoff Kaliumoxyd entsteht. Dass nun freilich unsere gewöhnlichen Brennmaterialien in jenen Gasen sich meistens nicht entzünden lassen, rührt von der geringen Verwandtschaft her, welche sie zu denselben haben.

Elektrochemische Theorie.

Begründung und Entwicklung derselben.

§. 438. Die unbefriedigenden Erklärungen für Wärme- und Lichtentwicklung bei chemischer Vereinigung und Zersetzung*)

*) Licht- und Wärmeentwicklung begleiten nicht allein die Entstehung chemischer Verbindungen, sondern manchmal auch die Zersetzung derselben, denn z. B. Knallsilber und Knallgold zerlegen sich unter heftiger Feuererscheinung in ihre Bestandtheile.

führte nun dazu, noch eine besondere Kraft zu vermuthen, welche die Verbindung der Stoffe bedingt und mit welcher gleichzeitig die Licht- und Wärmeentwicklung zusammenhängt. Schon längst hatte man einen Zusammenhang zwischen dem Lichte, dem elektrischen Funken und der Verbrennung geahnt, bis die Entdeckung der elektrischen Säule und namentlich die der Wasserzersetzung durch den elektrischen Strom zunächst Veranlassung gaben, die Elektrizität mit den Erscheinungen des chemischen Processes zu vergleichen.

Lavoisier und Laplace machten schon vor der Entdeckung der Voltaschen Säule die Beobachtung, dass, wenn Eisen in Schwefelsäure aufgelöst wird, sich Elektrizität entwickelt; sie sammelten dieselbe in einer solchen Quantität, dass sie mit Hülfe des Voltaschen Condensators lebhafte Funken erhielten. Ja sie erhielten auch sogar merkliche Quantitäten durch Auflösen von Kreide in Schwefelsäure entbundener Kohlensäure, und ebenfalls beim Auflösen des Eisens in Salpetersäure. Dennoch kamen sie nicht auf die Idee, diese Erscheinungen dem chemischen Prozesse anzupassen. Erst nachdem man die Wirkung der elektrischen Säule erkannte, suchte vorzugsweise Davy durch die erfolgreichen Resultate mannichfacher Versuche die Elektrizität mit dem chemischen Process in Einklang zu bringen, so dass von ihm und Berzelius eine Hypothese aufgestellt wurde, welche als die elektrochemische Theorie bekannt ist, welche mit Berücksichtigung ihrer eigentlichen Begründung entwickelt werden soll.

§. 439. Unter der elektrochemischen Theorie versteht man diejenige Hypothese, nach welcher man chemisch zusammengesetzte Körper als binäre Verbindungen oder als Verbindungen zu zwei und zwei ihrer einfachen Elemente zu betrachten hat, und wonach dem Streben nach chemischer Vereinigung der Eintritt eines polaren Zustandes der auf einander einwirkenden ungleichartigen Stoffe stets vorangehen muss. Diese Polarität der Affinität glaubte man nun für identisch mit derjenigen der beiden Elektrizitäten halten zu dürfen, und daher hat man für diese Hypothese jenen Namen gewählt, denn sie erblickt in jedem chemischen Prozesse zugleich einen elektrischen. Nach dieser Theorie ist die Verbrennung einer jeden chemischen Verbindung gleich als die Neutralisation der entgegengesetzten Elektrizitäten anzusehen, wodurch hierbei die Feuererscheinung wie bei der Entladung einer elektrischen Flasche, der elektrischen Säule u. s. w. hervorgerufen wird.

Wie man aber zu dieser Hypothese gelangte und auf welche Thatsachen man sie stützte, wird uns eine möglichst genaue Verfolgung von da an lehren, wo man anfang, die elektrischen Erscheinungen auf den chemischen Process anzuwenden.

§. 440. Davy fasste die mit Hülfe der Voltaschen Säule gelungene Wasserzersetzung näher ins Auge und stellte weitere Versuche über die zersetzende Kraft des elektrischen Stromes mit ausserordentlichem Eifer an, so dass er nicht allein zu dem Resultate kam, es sei kein Zweifel mehr über das Factum, dass Wasser

durch den elektrischen Strom in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werde, sondern auch dahin gelangte, Erden und endlich Alkalien mit Hülfe des elektrischen Stromes zu zerlegen, wodurch die Chemie mit neuen Metallen bereichert wurde; denn bis dahin hatte man sowohl Erden als Alkalien für einfache Körper gehalten, während man jetzt zu der Ueberzeugung kam, dass sie Oxyde seien. *) Die Entdeckung des Kaliums und Natriums führte Davy weiter und überzeugte ihn, dass die Körper, welche Verwandtschaft zu einander haben, Elektricität entwickeln, sobald sie mit einander in Berührung kommen; werden z. B. ein Stück Kupfer und ein Stück Schwefel einander genähert, so laden sie sich mit Elektricität, indem das erstere positiv und das letztere negativ wird; Kalk und Oxalsäure mit einander in Berührung gebracht, laden sich ebenfalls mit entgegengesetzten Elektricitäten.

Davy überzeugte sich, dass, wenn man zwei Körper in Berührung bringt, welche Verwandtschaft zu einander haben, bei erhöhter Temperatur ihre gegenseitige elektrische Spannung so lange zunimmt, bis endlich ein gewisses Maximum erreicht ist, und die Körper sich gewöhnlich unter Entwicklung von Licht und Wärme chemisch mit einander verbinden und alle Spannung verschwunden ist. Dies kann man bei dem erwähnten Beispiel mit Schwefel und Kupfer am besten wahrnehmen. Beide Stoffe enthalten Elektricitäten im neutralen Zustande, und lassen, wenn sie einander genähert werden, bei erhöhter Temperatur eine Trennung beider Elektricitäten wahrnehmen, so dass das Kupfer immer positiver und der Schwefel immer negativer wird, bis endlich eine solche Spannung eintritt, dass die Verbindung unter Feuererscheinung erfolgt und alle elektrische Spannung verschwunden ist.

Die Wärme begünstigt also die Verwandtschaft und die elektrische Ladung, da sie eine Spannung der Elektricitäten hervorruft, die bei einem gewissen Maximum verschwindet, indem sich die Körper verbinden und eine Neutralisation der Elektricitäten eintritt. Wir sehen daher aus Davy's Erfahrungen, dass nicht allein die Körper, welche Verwandtschaft haben, sich mit den entgegengesetzten Elektricitäten laden, sondern es geht auch daraus hervor, dass der Stärke der elektrischen Ladung die Grösse der Verwandtschaft proportional ist, d. h. je grösser die Verwandtschaft, desto stärker ist die elektrische Ladung. Aus allen diesen wichtigen Versuchen und interessanten Resultaten derselben ergab sich also, dass, wenn Körper sich zu vereinigen geneigt sind, sie den entgegengesetzten elektrischen Zustand annehmen, welcher bis dahin gesteigert wird, wo die Körper sich unter Ausgleichung der Elektricitäten mit einander verbinden.

Auf der anderen Seite aber hat Davy auch bestätigt, dass, wenn man die verbundenen Körper der Wirkung eines elektrischen Stromes aussetzt, diese wieder zersetzt und beide Elektricitäten von

*) Wird Kali der Wirkung der Volta'schen Säule ausgesetzt, so wird es zersetzt, indem das Kalium am — Pol und der Sauerstoff am + Pol frei wird.

den entgegengesetzten Polen angezogen werden. Davy nahm also an, dass die Körper beide elektrische Flüssigkeiten im gegenseitig neutralisirten Zustande erhalten; jedoch hat er sich nicht darüber ausgesprochen, wie sie in jenen enthalten seien, worüber verschiedene Hypothesen aufgestellt wurden.

§. 141. Ampère schrieb den Molekulan der Körper eine constante unzertrennliche Elektricität zu, von der sie sich nicht zu trennen vermögen, und ausserdem nahm er eine äussere, dieser entgegengesetzte bewegliche an, welche gewissermassen einen Kreis um dieselbe bildete. Tritt nun die chemische Verbindung ein, so rührt die Neutralisation der Elektricitäten von der beweglichen her. Demnach muss man annehmen, dass z. B. jedes Molekul Wasserstoff eine gewisse Menge positiver Elektricität enthält, welche ihm eigenthümlich ist und von einer Atmosphäre negativer umgeben wird, während die Sauerstoffpartikeln hingegen im Innern negativ und in der sie umgebenden Atmosphäre positiv sind.

Allerdings lassen sich nach dieser Theorie viele Thatsachen erklären; nähert man zwei elektrische Theilchen einander, so vereinigen sich ihre mit entgegengesetzten Elektricitäten geschwängerten Atmosphären, wodurch die Entwicklung von Wärme und Licht hervorgerufen wird, während sich die Molekule ebenfalls mit entgegengesetzter Elektricität beladen und mit einander verbinden, so dass auf diese Weise eine Verbindung von Dauer entsteht. Jedoch reicht diese Erklärung für manche Thatsachen nicht aus, und namentlich geht aus dieser Theorie nicht hervor, warum ein Körper sich zu einem zweiten negativ und zu einem dritten positiv verhält und sich mit beiden verbindet. Berzelius suchte daher eine Hypothese, eine elektrochemische Theorie, aufzustellen, deren Hauptbegriff wir oben angeführt haben und die als die ausgebildetste angesehen werden darf; jedoch war es jedenfalls nothwendig, diese bahnbrechenden Theorien vorausgehen zu lassen.

§. 142. Berzelius schreibt der Materie eine innewohnende Polarität zu; da aber, wie schon früher erwähnt und wie wir im nächsten Capitel ausführlicher besprechen werden, wir uns die Materie aus kleinsten Theilchen und Atomen bestehend denken, so nimmt er an, dass die Polarität durch Atome bedingt wird, und denkt sich jedes Atom eines Elementes als einen Körper, welcher durch Berührung mit einem anderen elektrisch polarisch wird.

Es können nach ihm sowohl einfache als auch zusammengesetzte Atome polarisch sein, und wenn sie in Berührung kommen, tritt eine verstärkte Polarität ein, so dass der eine elektrische Pol vorherrscht. An den Berührungsflächen tritt eine Neutralisation der entgegengesetzten Elektricitäten ein, und wenn sie getrennt werden, so wird der Ueberschuss frei.

Gleich wie in einem Magneten der eine Pol sich stärker äussert, so nimmt man dies auch bei den elektrischen Phänomenen an, wozu auch noch die elektrische Vertheilung einen Grund abgiebt. Manche Mineralkörper, namentlich der Turmalin, erhalten durch Erwärmung elektrische Polarität, welche der eines Magneten ähnlich ist.

Die Atome eines elektrisch polarischen Körpers werden also auf der einen Seite positive und auf der anderen Seite negative Elektricität zeigen, wie dasselbe bei dem Stück eines Magnetes der Fall ist.

Um nun aber das vorzugsweise elektropositive oder das hauptsächlich elektronegative Auftreten eines Körpers wirklich zu erklären, nahm Berzelius Erman's Entdeckung der unipolaren Leiter zu Hülfe. Nämlich die Entdeckung bestand im Wesentlichen darin, dass es Körper giebt, welche mit der Eigenschaft begabt sind, unter Umständen die beiden Elektricitäten ungleich zu leiten. Verbindet man die beiden Pole einer elektrischen Säule durch gewisse Substanzen, so gestatten diese nur der einen Elektricität hindurch zu gehen, so erlauben z. B. die Flammen des Wasserstoffgases, überhaupt Wasserstoff enthaltende Flammen, wenn man sie in den Kreis des elektrischen Stromes bringt, nur der positiven Elektricität den Durchgang, die Flamme des Phosphors dagegen gestattet ihn nur der negativen Elektricität.

Hiernach stellte sich nun Berzelius vor, dass die Atome der Körper eine solche Unipolarität annehmen könnten, in Folge deren bald die positive, bald die negative Seite vorherrscht, wie beim Magnet oft die Intensität oder Stärke des einen Pols oft vorherrschender ist als die des anderen. Es wird sich nach den hier angeführten Ansichten von Berzelius der chemische Process nicht mit solchen Widersprüchen erklären lassen, wie nach anderen Hypothesen.

Werden z. B. Wasserstoff und Sauerstoff vereinigt, so werden die Atome einer jeden der beiden Gasarten vermittelt ihrer beiden Pole wirken, d. h. die negativen Pole des Wasserstoffes werden sich auf die Seite der positiven Pole des Sauerstoffes und die positiven Pole des Wasserstoffes zu den negativen Polen des Sauerstoffes legen. Da nun die Atome immer die Elektricität des einen Pols abgeben, so werden auf der einen Seite die entgegengesetzten Elektricitäten sich verbinden und auf der anderen die in Berührung getretenen entgegengesetzten in Verbindung bleiben. Die Verbindung jener wird Licht und Wärme erzeugen, und durch diese wird eine dauernde Verbindung hervorgerufen. Es werden also bei der chemischen Verbindung zweier Körper nur zwei der entgegengesetzten Pole ihre Elektricität ausgleichen, die anderen beiden ungleichnamigen Pole bleiben in Spannung.

§. 143. Fassen wir jedoch, indem wir das Gesagte verfolgen, die Stärke der Polarität ins Auge, so ist wohl nicht in Abrede zu stellen, dass diese sehr von der Temperatur abhängig ist, wenn wir berücksichtigen, dass sehr häufig die chemische Verbindung erst durch Zutritt von Wärme hervorgebracht wird. Es ist wohl anzunehmen, dass die Stärke der Polarität erst durch die Wärme erzeugt wird; ja es ist sogar wahrscheinlich, wie Berzelius selbst annimmt, dass die Polarität der Atome denselben ursprünglich nicht angehört, sondern erst durch die Wärme erzeugt und entwickelt wird.

§. 144. Je mehr bei einem Körper die Polarität vorherrscht, desto überwiegender ist auch die Kraft des einen Pols, welche in allen heterogenen Körper gleich ist.

Ist der vorherrschende Pol der Atome eines Körpers positiv, so wird dieser, der Einwirkung der elektrischen Säule ausgesetzt, vom negativen Pol angezogen, man nennt daher diesen Körper einen elektropositiven, wird derselbe aber vom elektropositiven Pol angezogen, so war der elektronegative Pol in ihm vorherrschend und er ist als ein elektronegativer zu betrachten.

Je grösser die Polkraft eines Körpers, desto grösser ist auch das Streben nach Vereinigung mit anderen Körpern, bei denen die entgegengesetzte Polarität vorherrscht. Der am stärksten elektropositive Körper, das Kalium, vereinigt sich mit dem am stärksten elektronegativen Elemente, dem Sauerstoff, mit einer grösseren Kraft, als mit einem andern Körper, und diese Verbindung des Kaliums mit Sauerstoff ist nur durch directe Einwirkung des elektrischen Stromes zu trennen, wobei dann natürlich das Kalium an — Pol und der Sauerstoff an + Pol gehen wird. Berzelius hat nun je nach dem Vorherrschen des einen oder anderen Pols in dem Atome eines Elementes die Elemente in eine elektrochemische Reihe gebracht, welche ungefähr folgender Anordnung entsprechen wird.

— E. Sauerstoff	Titan	Mangan
Schwefel	Silicium	Uran
Selen	Wasserstoff	Didym
Stickstoff	Gold	Cerium
Fluor	Osmium	Lanthan
Chlor	Iridium	Thorium
Brom	Platin	Zirkonium
Jod	Rhodium	Aluminium
Phosphor	Palladium	Yttrium
Arsen	Quecksilber	Terbium
Chrom	Silber	Erbium
Vanadin	Kupfer	Beryllium
Molybdän	Wismuth	Magnesium
Wolfram	Zinn	Calcium
Bor	Blei	Strontium
Kohlenstoff	Cadmium	Baryum
Antimon	Kobalt	Lithium
Tellur	Nickel	Natrium
Tantal	Eisen	Kalium
Niobium	Zink	+ E.

Der elektrochemische Charakter dieser Elemente ist nicht beständig, da nämlich in jedem Körper beide Polkräfte enthalten sind, so kann natürlich bald die eine, bald die andere sich äussern, und es kann daher ein Körper, wenn er mit einem starken elektropositiven in Berührung kommt, elektronegativer und so umgekehrt auftreten; nur solche, wie der Sauerstoff und die Metalle der Alkalien und Erden, bei denen der elektrochemische Charakter stark

ausgeprägt ist, behaupten denselben bestimmt, und zwar jener erstere seinen negativen und die letzteren ihren positiven. Im Sauerstoff herrscht der negative Pol und im Kalium der positive vor; je mehr die Elemente sich ihrer Stellung nach in der elektrischen Reihe dem Sauerstoff nähern, desto mehr ist in ihnen der negative Charakter ausgeprägt, je mehr sie sich dagegen dem Kalium nähern, desto mehr ist die positive Polkraft praedominirend. Je weiter also zwei Elemente in der elektrischen Reihe von einander entfernt sind, desto grösser ist ihr elektrischer Gegensatz und desto mehr tritt ihre Verwandtschaft hervor; je näher sie einander stehen, desto geringer ist ihre elektrische Spannung.

Wollte man daher die Elemente in elektropositive und elektronegative eintheilen, so würde dieses sich aus erwähnten Gründen nicht consequent durchführen lassen, denn wir nehmen den unbeständigen elektrochemischen Charakter sogar schon bei den dem Sauerstoff in der elektrischen Reihe nahe stehenden Stoffen wahr, so verhält sich z. B. der Schwefel gegen die Metalle elektronegativ, während er gegen den Sauerstoff als elektropositiver Körper auftritt, ebendasselbe ist beim Chlor, Brom und Jod u. s. w. der Fall. Es kann daher diese Eintheilung in elektropositive und elektronegative Elemente, bis auf wenige, nur sehr relativ genommen werden, und kann sich nur auf die Sauerstoffverbindungen beziehen.

Diese Relation der Sauerstoffverbindungen hat Berzelius auch bei seiner Eintheilung der Metalle, bei welcher er Selen, Tellur, Arsenik, Antimon, Chrom, Vanadin, Molybdän als elektronegative bezeichnet, indem sie mit Sauerstoff vorzugsweise Säuren bilden, im Auge gehabt, denn ein bestimmter elektronegativer Charakter kann ihnen nicht zugeschrieben werden. Dieses sehen wir z. B. beim Antimon, welches, obgleich es vorherrschend elektronegativ ist und gegen Kalium und viele andere Metalle diesen Charakter behauptet, sich gegen Sauerstoff, Chlor, Schwefel u. s. w. elektropositiv verhält.

§. 445. Nicht allein aber bezieht sich, wie schon hier und da angedeutet worden ist, die elektrische Polarität auf die einfachen Elemente, sondern auch auf die meisten Verbindungen, denn die Annahme gilt nicht nur für das Atom eines einfachen Körpers, sondern auch für ein zusammengesetztes Atom.

Wir haben deshalb auch bei unserem Begriff von Basen und Säuren jene als die elektropositiven Bestandtheile, diese als die elektronegativen eines Salzes aufgeführt. Wird ein Salz dem elektrischen Strome ausgesetzt, so erfolgt die Zersetzung in der Weise, dass die Säure von dem $+$ Pol und die Basis von dem $-$ Pol angezogen wird, weshalb man jene als den elektronegativen und diese als den elektropositiven Bestandtheil eines Salzes betrachtet.

Uebrigens ist der Charakter bei den Säuren und Oxyden auch nicht immer beständig, denn manche Oxyde treten bald als Säuren, bald als Basen auf, und es richten sich ihre vorherrschenden

Charaktere sehr häufig nach dem hinzutretenden Oxyde. Die Verbindungen der Körper mit Sauerstoff, Schwefel und den Salzbildern behaupten den vorherrschenden elektrochemischen Charakter des Radicals, d. h. ist dieses vorherrschend elektronegativ, so tritt die Verbindung mit jenen auch gegen andere elektronegativ auf und so umgekehrt.

§. 446. Wir werden nun zugeben müssen, dass, wenn wir nach dieser elektrochemischen Hypothese eine Definition von der Verbrennung geben wollen, dies nicht unrichtig ist, wenn wir sagen, die Verbrennung ist eine Vereinigung eines mehr oder weniger elektropositiven Elementes mit einem elektronegativen Elemente, wobei durch die Neutralisation der Elektricitäten die Erscheinung des Feuers eintritt, welche bei jeder chemischen Verbindung erfolgt. Der Verbrennungsunterhalter oder Zünder muss also ein elektronegatives Element mit stark ausgeprägtem Charakter sein, während der verbrennliche Körper ein mehr elektropositives Element oder ein an solchen Elementen reicher Körper sein muss. Der verbrannte Körper aber könnte fast jeder einfach zusammengesetzte Körper sein, da die meisten derselben als elektronegatives Element einen Zünder haben.

§. 447. Es wird uns nun aus unserem Raisonnement einleuchten, dass das zum Zünder sich elektropositiv verhaltende Radical in der elektrochemischen Reihe recht gut eine mehr elektronegative Stellung einnehmen könne, denn wenn die negative Polarität desselben mit der stärker negativen Polarität des Zünders nicht ausgeglichen ist, so wird diese vorherrschen, und insofern kann es in der elektrochemischen Reihe eine mehr elektronegative Stellung einnehmen, abgesehen davon, dass man ja schon annimmt, dass in dieser jedes folgende Element sich zum vorhergehenden elektropositiv verhält. So ist es aber auch erklärlich, dass eine solche Verbindung erster Ordnung, in welcher die Polaritäten zweier mehr negativ elektrischer Elemente nicht ausgeglichen sind, mehr geneigt ist, sich mit anderen Körpern zu verbinden, bei denen die positive Polarität mehr vorherrscht.

Wir werden aber nun hiernach, wenn wir die verschiedene Ausgleichung der Polaritäten im Auge haben, uns auch recht gut die Wandelbarkeit des elektrochemischen Charakters der Körper erklären können. Man kann sich demnach wohl denken, dass, wenn zwei Körper sich zu vereinigen streben, sie keine entgegengesetzte Polarität zu besitzen brauchen, sondern dass der, bei welchem dieselbe am meisten ausgeprägt ist, die entgegengesetzte in dem anderen hervorruft; der Charakter der Verbindung wird aber dann natürlich den beiden gleichnamigen Polaritäten der ursprünglichen Bestandtheile entsprechen, d. h. sind die Atome der Elemente elektropositiv, so ist es auch die Verbindung und so umgekehrt.

§. 448. Der Annahme der elektrischen Theorie zu Folge haben wir also jeden chemischen Process als einen ursprünglich elektrischen anzusehen, und die Affinität als die Wirkung der elektrischen

Polarität zu betrachten, denn rührte die Vereinigung und das Zusammenhalten von der Affinität her, so würde die Verbindung nicht den elektrischen Einflüssen ausgesetzt sein. Denn wir wissen, dass eine jede chemische Verbindung sich durch Wiederherstellung der elektrischen Polarität ihrer Bestandtheile wieder auflösen lässt. Bei dieser Zersetzung der Verbindungen durch den elektrischen Strom verschwinden die einwirkenden Elektricitäten und die Bestandtheile nehmen ihre früheren chemischen und elektrischen Eigenschaften wieder an. Erfolgt die Zersetzung eines einfach zusammengesetzten Körpers durch einen anderen, welcher sich mit dem einen Elemente jenes zusammengesetzten Körpers verbindet, so muss die Stärke der Polarität dieses hinzutretenden bedeutender sein, als die des ausgestossenen; er erzeugt dadurch eine vollkommene Neutralisation der beiden nun verbundenen Stoffe, ebenfalls Wärmeentwicklung, und der ausgeschiedene Stoff erscheint wieder mit seiner natürlichen Polarität. Wenn wir aber die wesentlichsten Bedingungen der Affinität mit den elektrischen Erscheinungen vergleichen, so finden wir jetzt, nämlich die Neigung, sich mit heterogenen Körpern zu verbinden, mit dieser letzteren übereinstimmend und darnach sollte eigentlich die Affinität eher die Quelle chemischer Verbindung sein. Es wird daher auch wohl die Affinität als eine der Materie angehörige besondere Kraft angenommen, so dass die Atome bei der Vereinigung von dieser zusammengehalten werden und sich die entgegengesetzten Elektricitäten entladen, wodurch Licht und Wärme entsteht, wiewohl dieses wieder mit der Vernichtung der chemischen Verbindungen durch den elektrischen Strom übereinstimmt, da man nach der elektrochemischen Hypothese nicht gut annehmen kann, dass jene Kraft, unabhängig von der Elektricität, durch den elektrischen Strom vernichtet werden soll. Nach jeder modificirten Theorie würde also die chemische Verbindung von zwei Kräften bewirkt, nämlich durch die Affinität der wägbaren Stoffe und die Affinität der Elektricitäten. Da nun die elektrochemische Theorie in jeder chemischen Verbindung einen elektrischen Gegensatz annimmt, und diese daher aus zwei Bestandtheilen, einem elektronegativen und einem elektropositiven bestehen muss, so wird man auf organische Verbindungen diese Theorie nur anwenden können, wenn man an diesen, wie es in unserm System geschieht ist, nur einfache, zusammengesetzten Radicale Verbindungen erster, zweiter und dritter Ordnung annimmt. Aber die Gesetze der Polarität lassen sich nicht eigentlich bei den organischen Verbindungen, wie es eben geschehen ist, anwenden, da die Existenz der zusammengesetzten Radicale nicht fest begründet ist. Wenn nun also auch die elektrochemische Theorie manche Einwürfe gegen sich hat, und man z. B. nach ihr die Feuertwickelung einzelner chemischer Verbindungen nicht erklären kann, so ist uns doch für den chemischen Prozess eine neue Auffassung und erleichtert ohne Zweifel sehr die Untersuchung von den chemischen Verbindungen. Aber die

Charaktere sehr häufig nach dem hinzutretenden Oxyde. Die Verbindungen der Körper mit Sauerstoff, Schwefel und den Salzbildern behaupten den vorherrschenden elektrochemischen Charakter des Radicals, d. h. ist dieses vorherrschend elektronegativ, so tritt die Verbindung mit jenen auch gegen andere elektronegativ auf und so umgekehrt.

§. 446. Wir werden nun zugeben müssen, dass, wenn wir nach dieser elektrochemischen Hypothese eine Definition von der Verbrennung geben wollen, dies nicht unrichtig ist, wenn wir sagen, die Verbrennung ist eine Vereinigung eines mehr oder weniger elektropositiven Elementes mit einem elektronegativen Elemente, wobei durch die Neutralisation der Elektricitäten die Erscheinung des Feuers eintritt, welche bei jeder chemischen Verbindung erfolgt. Der Verbrennungsunterhalter oder Zünder muss also ein elektronegatives Element mit stark ausgeprägtem Charakter sein, während der verbrennliche Körper ein mehr elektropositives Element oder ein an solchen Elementen reicher Körper sein muss. Der verbrannte Körper aber könnte fast jeder einfach zusammengesetzte Körper sein, da die meisten derselben als elektronegatives Element einen Zünder haben.

§. 447. Es wird uns nun aus unserem Raisonnement einleuchten, dass das zum Zünder sich elektropositiv verhaltende Radical in der elektrochemischen Reihe recht gut eine mehr elektronegative Stellung einnehmen könne, denn wenn die negative Polarität desselben mit der stärker negativen Polarität des Zünders nicht ausgeglichen ist, so wird diese vorherrschen, und insofern kann es in der elektrochemischen Reihe eine mehr elektronegative Stellung einnehmen, abgesehen davon, dass man ja schon annimmt, dass in dieser jedes folgende Element sich zum vorhergehenden elektropositiv verhält. So ist es aber auch erklärlich, dass eine solche Verbindung erster Ordnung, in welcher die Polaritäten zweier mehr negativ elektrischer Elemente nicht ausgeglichen sind, mehr geneigt ist, sich mit anderen Körpern zu verbinden, bei denen die positive Polarität mehr vorherrscht.

Wir werden aber nun hiernach, wenn wir die verschiedene Ausgleichung der Polaritäten im Auge haben, uns auch recht gut die Wandelbarkeit des elektrochemischen Charakters der Körper erklären können. Man kann sich demnach wohl denken, dass, wenn zwei Körper sich zu vereinigen streben, sie keine entgegengesetzte Polarität zu besitzen brauchen, sondern dass der, bei welchem dieselbe am meisten ausgeprägt ist, die entgegengesetzte in dem anderen hervorruft; der Charakter der Verbindung wird aber dann natürlich den beiden gleichnamigen Polaritäten der ursprünglichen Bestandtheile entsprechen, d. h. sind die Atome der Elemente elektropositiv, so ist es auch die Verbindung und so umgekehrt.

§. 448. Der Annahme der elektrischen Theorie zu Folge haben wir also jeden chemischen Process als einen ursprünglich elektrischen anzusehen, und die Affinität als die Wirkung der elektrischen

Polarität zu betrachten, denn rührte die Vereinigung und das Zusammenhalten von der Affinität her, so würde die Verbindung nicht den elektrischen Einflüssen ausgesetzt sein. Denn wir wissen, dass eine jede chemische Verbindung sich durch Wiederherstellung der elektrischen Polarität ihrer Bestandtheile wieder aufheben lässt. Bei dieser Zersetzung der Verbindungen durch den elektrischen Strom verschwinden die einwirkenden Elektricitäten und die Bestandtheile nehmen ihre früheren chemischen und elektrischen Eigenschaften wieder an. Erfolgt die Zersetzung eines einfach zusammengesetzten Körpers durch einen anderen, welcher sich mit dem einen Elemente jenes zusammengesetzten Körpers verbindet, so muss die Stärke der Polarität dieses hinzutretenden bedeutender sein, als die des ausgestossenen; er erzeugt dadurch eine vollkommene Neutralisation der beiden neu verbundenen Stoffe, ebenfalls Wärmeentwicklung, und der ausgeschiedene Stoff erscheint wieder mit seiner natürlichen Polarität. Wenn wir aber die wesentlichsten Bedingnisse der Affinität mit den elektrischen Erscheinungen vergleichen, so finden wir jene, nämlich die Neigung, sich mit heterogenen Körpern zu verbinden, mit dieser letzteren übereinstimmend und darnach sollte eigentlich die Affinität eher die Quelle chemischer Verbindung sein. Es wird daher auch wohl die Affinität als eine der Materie angehörige besondere Kraft angenommen, so dass die Atome bei der Vereinigung von dieser zusammengehalten werden und sich die entgegengesetzten Elektricitäten entladen, wodurch Licht und Wärme entsteht, wiewohl dieses wieder mit der Vernichtung der chemischen Verbindungen durch den elektrischen Strom übereinstimmt, da man nach der elektrochemischen Hypothese nicht gut annehmen kann, dass jene Kraft, unabhängig von der Elektricität, durch den elektrischen Strom vernichtet werden soll. Nach jener modificirten Theorie würde also die chemische Verbindung von zwei Kräften bewirkt, nämlich durch die Affinität der wägbaren Stoffe und die Affinität der Elektricitäten. Da nun die elektrochemische Theorie in jeder chemischen Verbindung einen elektrischen Gegensatz annimmt, und dieselbe daher aus zwei Bestandtheilen, einem elektronegativen und einem elektropositiven bestehen muss, so wird man auf organische Verbindungen diese Theorie nur anwenden können, wenn man bei diesen, wie es in unserm System geschehen ist, mit Hülfe der zusammengesetzten Radicale Verbindungen erster, zweiter und dritter Ordnung annimmt. Aber die Gesetze der Polarität lassen sich, namentlich bei den organischen Verbindungen, nicht streng durchgreifend anwenden, da die Existenz der zusammengesetzten Radicale nicht fest begründet ist. Wenn nun also auch überhaupt der elektrochemischen Theorie manche Einwürfe gemacht werden können, und man z. B. nach ihr die Feuerentwicklung bei der Zersetzung einzelner chemischer Verbindungen nicht erklären kann, so liefert sie uns doch für den chemischen Process eine höchst sinnreiche Erklärung und erleichtert ohne Zweifel sehr die Anschauung der Lehre von den chemischen Verbindungen. Aber sie muss auch namentlich

oder ein eigenthümlicher brennbarer Stoff, welchen er Phlogiston nannte, enthalten sein solle. Stahl stellte sich nach seiner Theorie, welche die phlogistische genannt wurde, vor, dass beim Verbrennen eines Körpers dieses Phlogiston entweiche, und je lebhafter die Verbrennung des Körpers erschien, desto reicher war dieselbe an jenem hypothetischen Stoffe.

Beim Verbrennen wird nach dieser Theorie das Phlogiston in die Luft zerstreut und als unverbrennliche Radicale, je nach der Natur derselben, bleiben Kalke oder Säuren zurück. Also müssten z. B. alle Metalle aus Metalloxyd (Metallkalk) und Phlogiston, der Schwefel aus Schwefelsäure und Phlogiston bestehen, und durch das Verbrennen am Gewicht verlieren.

Den Process des Verbrennens nannte Stahl dephlogisticiren, da hierbei nach seiner Ansicht Phlogiston entweichen musste; wurde aber ein verbranntes Metall durch Erhitzen mit Kohle wieder verbrennlich, so glaubte er, das Phlogiston sei wieder mit ihm verbunden oder phlogisticirt worden. Die Kohle war also hier eine Verbindung von Kohlensäure mit Phlogiston, und wenn nach unseren heutigen Begriffen ein Metalloxyd mittelst Kohle reducirt wird, so erblickte man damals eine Verbindung darin. Stahl sah also da eine Zersetzung, wo wir eine Verbindung annehmen.

Als aber nun Lavoisier gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts bewies, dass die Metalle beim Verbrennen nicht am Gewicht verlieren, sondern sogar zunehmen, und zwar gerade so viel, als das Gewicht des verschwundenen Sauerstoffs der Luft beträgt, kam man zu der Ueberzeugung, dass jene phlogistische Theorie einen Widerspruch in sich enthalte. Dieser ziemlich ein halbes Jahrhundert gehuldigten Stahl'schen Theorie wurde nun durch die von Lavoisier aufgestellte sogenannte antiphlogistische Theorie, nach welcher jede Verbrennung in einer Verbindung der Körper mit Sauerstoff besteht, der Rang streitig gemacht, und jene musste dem Siege unterliegen.

Die Licht- und Wärmeentwicklung erklärte man sich nun nach dieser Theorie dadurch, dass man annahm, der Sauerstoff sei eine Verbindung dieses Elementes mit Licht- und Wärmestoff, welche bei der Verbindung mit anderen Elementen frei würden. Man leitete also diese Erscheinung vom Freiwerden der latenten Wärme des Sauerstoffes her. Durch vielfach angestellte Versuche kam man nun zu den Resultaten, dass nicht allein bei der Vereinigung des Sauerstoffes mit einem anderen Körper, sondern überhaupt bei chemischen Verbindungen und Zersetzungen sich eine Feuerentwicklung zeigen könne, und es wurde einleuchtend, dass die Feuerentwicklung dem Verbindungsacte chemischer Vereinigung im Allgemeinen angehöre, dass bei einer jeden chemischen Verbindung eine, wenn auch noch so geringe Entwicklung von Wärme und nicht selten von Licht stattfindet.

Wenn nun auch wirklich bei Veränderung des Aggregatzustandes, d. h. wenn z. B. ein gasförmiger durch die Verbindung, welche er eingeht, zum festen wird, Wärme frei wird, so kann dies doch

nicht gelten, wenn das Product ein gasförmiges ist. Man suchte daher das Freiwerden latenter Wärme bei chemischen Verbindungen dadurch zu erklären, dass man die specifische Wärme des Verbrennungsproductes geringer annahm, als die seiner Bestandtheile. Jedoch beweisen spätere Erfahrungen, dass, welche Wärmemenge auch bei der Verbrennung frei werde, diese in keiner Beziehung zur specifischen Wärme der sich mit einander verbindenden Stoffe steht, und dass die specifische Wärme des neuen Productes meistens nicht geringer ist als die seiner Bestandtheile, sondern vielmehr häufig noch grösser, so dass man annehmen kann, dass die Verbindung der Umgebung noch Wärme entzogen hat. So ist z. B. die specifische Wärme einer bestimmten Quantität Wassers beinahe noch einmal so gross als die Summe der specifischen Wärme der ihm zugehörigen Sauerstoffmenge und des in demselben enthaltenen Wasserstoffs. Ausserdem ist noch zu bemerken, dass die bei der Verbrennung des Wasserstoffes gebildeten Wasserdämpfe ein unendlich grösseres Volumen durch die entwickelte Wärme einnehmen, als Sauerstoff und Wasserstoff vor ihrer Vereinigung haben; es ist also der Grund der Wärmeentwicklung nicht in der Verminderung der specifischen Wärme zu suchen, sondern jene muss nothwendiger Weise von andern Ursachen abhängen.

Die Theorie Lavoisier's über Verbrennung würde aber dennoch Geltung behalten haben, wenn sie wegen später gemachter Erfahrungen umfassend genug gewesen wäre. Nach Versuchen mancher Art stellte sich heraus, dass auch, wie schon erwähnt, bei Vereinigung von anderen Elementen dieselben Erscheinungen wahrgenommen werden konnten; so können sich z. B. die meisten Metalle mit Schwefel unter Wärme- und Lichtentwicklung vereinigen; nachdem Chlor, Brom, Jod entdeckt worden waren, fand man auch, dass diese Körper sich im gasförmigen Zustande mit vielen Elementen unter denselben Erscheinungen vereinigen können. Antimon entzündet sich schon sogar bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas, Kalium verbrennt in Chlor, Brom oder Jodgas, und es entstehen daraus Verbindungen von Kaliumchlorid, Bromid, Jodid, wie beim Verbrennen in Sauerstoff Kaliumoxyd entsteht. Dass nun freilich unsere gewöhnlichen Brennmaterialien in jenen Gasen sich meistens nicht entzünden lassen, rührt von der geringen Verwandtschaft her, welche sie zu denselben haben.

Elektrochemische Theorie.

Begründung und Entwicklung derselben.

§. 138. Die unbefriedigenden Erklärungen für Wärme- und Lichtentwicklung bei chemischer Vereinigung und Zersetzung*)

*) Licht- und Wärmeentwicklung begleiten nicht allein die Entstehung chemischer Verbindungen, sondern manchmal auch die Zersetzung derselben, denn z. B. Knallsilber und Knallgold zerlegen sich unter heftiger Feuererscheinung in ihre Bestandtheile.

führte nun dazu, noch eine besondere Kraft zu vermuthen, welche die Verbindung der Stoffe bedingt und mit welcher gleichzeitig die Licht- und Wärmeentwicklung zusammenhängt. Schon längst hatte man einen Zusammenhang zwischen dem Lichte, dem elektrischen Funken und der Verbrennung geahnt, bis die Entdeckung der elektrischen Säule und namentlich die der Wasserzersetzung durch den elektrischen Strom zunächst Veranlassung gaben, die Elektricität mit den Erscheinungen des chemischen Processes zu vergleichen.

Lavoisier und Laplace machten schon vor der Entdeckung der Voltaschen Säule die Beobachtung, dass, wenn Eisen in Schwefelsäure aufgelöst wird, sich Elektricität entwickelt; sie sammelten dieselbe in einer solchen Quantität, dass sie mit Hülfe des Voltaschen Condensators lebhafte Funken erhielten. Ja sie erhielten auch sogar merkliche Quantitäten durch Auflösen von Kreide in Schwefelsäure entbundener Kohlensäure, und ebenfalls beim Auflösen des Eisens in Salpetersäure. Dennoch kamen sie nicht auf die Idee, diese Erscheinungen dem chemischen Processe anzupassen. Erst nachdem man die Wirkung der elektrischen Säule erkannte, suchte vorzugsweise Davy durch die erfolgreichen Resultate mannichfacher Versuche die Elektricität mit dem chemischen Process in Einklang zu bringen, so dass von ihm und Berzelius eine Hypothese aufgestellt wurde, welche als die elektrochemische Theorie bekannt ist, welche mit Berücksichtigung ihrer eigentlichen Begründung entwickelt werden soll.

§. 439. Unter der elektrochemischen Theorie versteht man diejenige Hypothese, nach welcher man chemisch zusammengesetzte Körper als binäre Verbindungen oder als Verbindungen zu zwei und zwei ihrer einfachen Elemente zu betrachten hat, und wonach dem Streben nach chemischer Vereinigung der Eintritt eines polaren Zustandes der auf einander einwirkenden ungleichartigen Stoffe stets vorangehen muss. Diese Polarität der Affinität glaubte man nun für identisch mit derjenigen der beiden Elektricitäten halten zu dürfen, und daher hat man für diese Hypothese jenen Namen gewählt, denn sie erblickt in jedem chemischen Processe zugleich einen elektrischen. Nach dieser Theorie ist die Verbrennung einer jeden chemischen Verbindung gleich als die Neutralisation der entgegengesetzten Elektricitäten anzusehen, wodurch hierbei die Feuererscheinung wie bei der Entladung einer elektrischen Flasche, der elektrischen Säule u. s. w. hervorgerufen wird.

Wie man aber zu dieser Hypothese gelangte und auf welche Thatsachen man sie stützte, wird uns eine möglichst genaue Verfolgung von da an lehren, wo man anfang, die elektrischen Erscheinungen auf den chemischen Process anzuwenden.

§. 440. Davy fasste die mit Hülfe der Voltaschen Säule gelungene Wasserzersetzung näher ins Auge und stellte weitere Versuche über die zersetzende Kraft des elektrischen Stromes mit ausserordentlichem Eifer an, so dass er nicht allein zu dem Resultate kam, es sei kein Zweifel mehr über das Factum, dass Wasser

durch den elektrischen Strom in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werde, sondern auch dahin gelangte, Erden und endlich Alkalien mit Hülfe des elektrischen Stromes zu zerlegen, wodurch die Chemie mit neuen Metallen bereichert wurde; denn bis dahin hatte man sowohl Erden als Alkalien für einfache Körper gehalten, während man jetzt zu der Ueberzeugung kam, dass sie Oxyde seien. *) Die Entdeckung des Kaliums und Natriums führte Davy weiter und überzeugte ihn, dass die Körper, welche Verwandtschaft zu einander haben, Elektricität entwickeln, sobald sie mit einander in Berührung kommen; werden z. B. ein Stück Kupfer und ein Stück Schwefel einander genähert, so laden sie sich mit Elektricität, indem das erstere positiv und das letztere negativ wird; Kalk und Oxalsäure mit einander in Berührung gebracht, laden sich ebenfalls mit entgegengesetzten Elektricitäten.

Davy überzeugte sich, dass, wenn man zwei Körper in Berührung bringt, welche Verwandtschaft zu einander haben, bei erhöhter Temperatur ihre gegenseitige elektrische Spannung so lange zunimmt, bis endlich ein gewisses Maximum erreicht ist, und die Körper sich gewöhnlich unter Entwicklung von Licht und Wärme chemisch mit einander verbinden und alle Spannung verschwunden ist. Dies kann man bei dem erwähnten Beispiel mit Schwefel und Kupfer am besten wahrnehmen. Beide Stoffe enthalten Elektricitäten im neutralen Zustande, und lassen, wenn sie einander genähert werden, bei erhöhter Temperatur eine Trennung beider Elektricitäten wahrnehmen, so dass das Kupfer immer positiver und der Schwefel immer negativer wird, bis endlich eine solche Spannung eintritt, dass die Verbindung unter Feuererscheinung erfolgt und alle elektrische Spannung verschwunden ist.

Die Wärme begünstigt also die Verwandtschaft und die elektrische Ladung, da sie eine Spannung der Elektricitäten hervorruft, die bei einem gewissen Maximum verschwindet, indem sich die Körper verbinden und eine Neutralisation der Elektricitäten eintritt. Wir sehen daher aus Davy's Erfahrungen, dass nicht allein die Körper, welche Verwandtschaft haben, sich mit den entgegengesetzten Elektricitäten laden, sondern es geht auch daraus hervor, dass der Stärke der elektrischen Ladung die Grösse der Verwandtschaft proportional ist, d. h. je grösser die Verwandtschaft, desto stärker ist die elektrische Ladung. Aus allen diesen wichtigen Versuchen und interessanten Resultaten derselben ergab sich also, dass, wenn Körper sich zu vereinigen geneigt sind, sie den entgegengesetzten elektrischen Zustand annehmen, welcher bis dahin gesteigert wird, wo die Körper sich unter Ausgleichung der Elektricitäten mit einander verbinden.

Auf der anderen Seite aber hat Davy auch bestätigt, dass, wenn man die verbundenen Körper der Wirkung eines elektrischen Stromes aussetzt, diese wieder zersetzt und beide Elektricitäten von

*) Wird Kali der Wirkung der Volta'schen Säule ausgesetzt, so wird es zersetzt, indem das Kalium am — Pol und der Sauerstoff am + Pol frei wird.

den entgegengesetzten Polen angezogen werden. Davy nahm also an, dass die Körper beide elektrische Flüssigkeiten im gegenseitig neutralisirten Zustande erhalten; jedoch hat er sich nicht darüber ausgesprochen, wie sie in jenen enthalten seien, worüber verschiedene Hypothesen aufgestellt wurden.

§. 141. Ampère schrieb den Molekulan der Körper eine constante unzertrennliche Elektricität zu, von der sie sich nicht zu trennen vermögen, und ausserdem nahm er eine äussere, dieser entgegengesetzte bewegliche an, welche gewissermassen einen Kreis um dieselbe bildete. Tritt nun die chemische Verbindung ein, so rührt die Neutralisation der Elektricitäten von der beweglichen her. Demnach muss man annehmen, dass z. B. jedes Molekul Wasserstoff eine gewisse Menge positiver Elektricität enthält, welche ihm eigenthümlich ist und von einer Atmosphäre negativer umgeben wird, während die Sauerstoffpartikeln hingegen im Innern negativ und in der sie umgebenden Atmosphäre positiv sind.

Allerdings lassen sich nach dieser Theorie viele Thatsachen erklären; nähert man zwei elektrische Theilchen einander, so vereinigen sich ihre mit entgegengesetzten Elektricitäten geschwängerten Atmosphären, wodurch die Entwicklung von Wärme und Licht hervorgerufen wird, während sich die Molekule ebenfalls mit entgegengesetzter Elektricität beladen und mit einander verbinden, so dass auf diese Weise eine Verbindung von Dauer entsteht. Jedoch reicht diese Erklärung für manche Thatsachen nicht aus, und namentlich geht aus dieser Theorie nicht hervor, warum ein Körper sich zu einem zweiten negativ und zu einem dritten positiv verhält und sich mit beiden verbindet. Berzelius suchte daher eine Hypothese, eine elektrochemische Theorie, aufzustellen, deren Hauptbegriff wir oben angeführt haben und die als die ausgebildetste angesehen werden darf; jedoch war es jedenfalls nothwendig, diese bahnbrechenden Theorien vorausgehen zu lassen.

§. 142. Berzelius schreibt der Materie eine innewohnende Polarität zu; da aber, wie schon früher erwähnt und wie wir im nächsten Capitel ausführlicher besprechen werden, wir uns die Materie aus kleinsten Theilchen und Atomen bestehend denken, so nimmt er an, dass die Polarität durch Atome bedingt wird, und denkt sich jedes Atom eines Elementes als einen Körper, welcher durch Berührung mit einem anderen elektrisch polarisch wird.

Es können nach ihm sowohl einfache als auch zusammengesetzte Atome polarisch sein, und wenn sie in Berührung kommen, tritt eine verstärkte Polarität ein, so dass der eine elektrische Pol vorherrscht. An den Berührungsflächen tritt eine Neutralisation der entgegengesetzten Elektricitäten ein, und wenn sie getrennt werden, so wird der Ueberschuss frei.

Gleich wie in einem Magneten der eine Pol sich stärker äussert, so nimmt man dies auch bei den elektrischen Phänomenen an, wozu auch noch die elektrische Vertheilung einen Grund abgiebt. Manche Mineralkörper, namentlich der Turmalin, erhalten durch Erwärmung elektrische Polarität, welche der eines Magneten ähnlich ist.

Die Atome eines elektrisch polarischen Körpers werden also auf der einen Seite positive und auf der anderen Seite negative Elektricität zeigen, wie dasselbe bei dem Stück eines Magnetes der Fall ist.

Um nun aber das vorzugsweise elektropositive oder das hauptsächlich elektronegative Auftreten eines Körpers wirklich zu erklären, nahm Berzelius Erman's Entdeckung der unipolaren Leiter zu Hülfe. Nämlich die Entdeckung bestand im Wesentlichen darin, dass es Körper giebt, welche mit der Eigenschaft begabt sind, unter Umständen die beiden Elektricitäten ungleich zu leiten. Verbindet man die beiden Pole einer elektrischen Säule durch gewisse Substanzen, so gestatten diese nur der einen Elektricität hindurch zu gehen, so erlauben z. B. die Flammen des Wasserstoffgases, überhaupt Wasserstoff enthaltende Flammen, wenn man sie in den Kreis des elektrischen Stromes bringt, nur der positiven Elektricität den Durchgang, die Flamme des Phosphors dagegen gestattet ihn nur der negativen Elektricität.

Hiernach stellte sich nun Berzelius vor, dass die Atome der Körper eine solche Unipolarität annehmen könnten, in Folge deren bald die positive, bald die negative Seite vorherrscht, wie beim Magnet oft die Intensität oder Stärke des einen Pols oft vorherrschender ist als die des anderen. Es wird sich nach den hier angeführten Ansichten von Berzelius der chemische Process nicht mit solchen Widersprüchen erklären lassen, wie nach anderen Hypothesen.

Werden z. B. Wasserstoff und Sauerstoff vereinigt, so werden die Atome einer jeden der beiden Gasarten vermittelt ihrer beiden Pole wirken, d. h. die negativen Pole des Wasserstoffes werden sich auf die Seite der positiven Pole des Sauerstoffes und die positiven Pole des Wasserstoffes zu den negativen Polen des Sauerstoffes legen. Da nun die Atome immer die Elektricität des einen Pols abgeben, so werden auf der einen Seite die entgegengesetzten Elektricitäten sich verbinden und auf der anderen die in Berührung getretenen entgegengesetzten in Verbindung bleiben. Die Verbindung jener wird Licht und Wärme erzeugen, und durch diese wird eine dauernde Verbindung hervorgerufen. Es werden also bei der chemischen Verbindung zweier Körper nur zwei der entgegengesetzten Pole ihre Elektricität ausgleichen, die anderen beiden ungleichnamigen Pole bleiben in Spannung.

§. 143. Fassen wir jedoch, indem wir das Gesagte verfolgen, die Stärke der Polarität ins Auge, so ist wohl nicht in Abrede zu stellen, dass diese sehr von der Temperatur abhängig ist, wenn wir berücksichtigen, dass sehr häufig die chemische Verbindung erst durch Zutritt von Wärme hervorgebracht wird. Es ist wohl anzunehmen, dass die Stärke der Polarität erst durch die Wärme erzeugt wird; ja es ist sogar wahrscheinlich, wie Berzelius selbst annimmt, dass die Polarität der Atome denselben ursprünglich nicht angehört, sondern erst durch die Wärme erzeugt und entwickelt wird.

§. 144. Je mehr bei einem Körper die Polarität vorherrscht, desto überwiegender ist auch die Kraft des einen Pols, welche in allen heterogenen Körper gleich ist.

Ist der vorherrschende Pol der Atome eines Körpers positiv, so wird dieser, der Einwirkung der elektrischen Säule ausgesetzt, vom negativen Pol angezogen, man nennt daher diesen Körper einen elektropositiven, wird derselbe aber vom elektropositiven Pol angezogen, so war der elektronegative Pol in ihm vorherrschend und er ist als ein elektronegativer zu betrachten.

Je grösser die Polkraft eines Körpers, desto grösser ist auch das Streben nach Vereinigung mit anderen Körpern, bei denen die entgegengesetzte Polarität vorherrscht. Der am stärksten elektropositive Körper, das Kalium, vereinigt sich mit dem am stärksten elektronegativen Elemente, dem Sauerstoff, mit einer grösseren Kraft, als mit einem andern Körper, und diese Verbindung des Kaliums mit Sauerstoff ist nur durch directe Einwirkung des elektrischen Stromes zu trennen, wobei dann natürlich das Kalium an — Pol und der Sauerstoff an + Pol gehen wird. Berzelius hat nun je nach dem Vorherrschen des einen oder anderen Pols in dem Atome eines Elementes die Elemente in eine elektrochemische Reihe gebracht, welche ungefähr folgender Anordnung entsprechen wird.

— E. Sauerstoff	Titan	Mangan
Schwefel	Silicium	Uran
Selen	Wasserstoff	Didym
Stickstoff	Gold	Cerium
Fluor	Osmium	Lanthan
Chlor	Iridium	Thorium
Brom	Platin	Zirkonium
Jod	Rhodium	Aluminium
Phosphor	Palladium	Yttrium
Arsen	Quecksilber	Terbium
Chrom	Silber	Erbium
Vanadin	Kupfer	Beryllium
Molybdän	Wismuth	Magnesium
Wolfram	Zinn	Calcium
Bor	Blei	Strontium
Kohlenstoff	Cadmium	Baryum
Antimon	Kobalt	Lithium
Tellur	Nickel	Natrium
Tantal	Eisen	Kalium
Niobium	Zink	+ E.

Der elektrochemische Charakter dieser Elemente ist nicht beständig, da nämlich in jedem Körper beide Polkräfte enthalten sind, so kann natürlich bald die eine, bald die andere sich äussern, und es kann daher ein Körper, wenn er mit einem starken elektropositiven in Berührung kommt, elektronegativ und so umgekehrt auftreten; nur solche, wie der Sauerstoff und die Metalle der Alkalien und Erden, bei denen der elektrochemische Charakter stark

ausgeprägt ist, behaupten denselben bestimmt, und zwar jener erstere seinen negativen und die letzteren ihren positiven. Im Sauerstoff herrscht der negative Pol und im Kalium der positive vor; je mehr die Elemente sich ihrer Stellung nach in der elektrischen Reihe dem Sauerstoff nähern, desto mehr ist in ihnen der negative Charakter ausgeprägt, je mehr sie sich dagegen dem Kalium nähern, desto mehr ist die positive Polkraft praedominirend. Je weiter also zwei Elemente in der elektrischen Reihe von einander entfernt sind, desto grösser ist ihr elektrischer Gegensatz und desto mehr tritt ihre Verwandtschaft hervor; je näher sie einander stehen, desto geringer ist ihre elektrische Spannung.

Wollte man daher die Elemente in elektropositive und elektronegative eintheilen, so würde dieses sich aus erwähnten Gründen nicht consequent durchführen lassen, denn wir nehmen den unbeständigen elektrochemischen Charakter sogar schon bei den dem Sauerstoff in der elektrischen Reihe nahe stehenden Stoffen wahr, so verhält sich z. B. der Schwefel gegen die Metalle elektronegativ, während er gegen den Sauerstoff als elektropositiver Körper auftritt, ebendasselbe ist beim Chlor, Brom und Jod u. s. w. der Fall. Es kann daher diese Eintheilung in elektropositive und elektronegative Elemente, bis auf wenige, nur sehr relativ genommen werden, und kann sich nur auf die Sauerstoffverbindungen beziehen.

Diese Relation der Sauerstoffverbindungen hat Berzelius auch bei seiner Eintheilung der Metalle, bei welcher er Selen, Tellur, Arsenik, Antimon, Chrom, Vanadin, Molybdän als elektronegative bezeichnet, indem sie mit Sauerstoff vorzugsweise Säuren bilden, im Auge gehabt, denn ein bestimmter elektronegativer Charakter kann ihnen nicht zugeschrieben werden. Dieses sehen wir z. B. beim Antimon, welches, obgleich es vorherrschend elektronegativ ist und gegen Kalium und viele andere Metalle diesen Charakter behauptet, sich gegen Sauerstoff, Chlor, Schwefel u. s. w. elektropositiv verhält.

§. 145. Nicht allein aber bezieht sich, wie schon hier und da angedeutet worden ist, die elektrische Polarität auf die einfachen Elemente, sondern auch auf die meisten Verbindungen, denn die Annahme gilt nicht nur für das Atom eines einfachen Körpers, sondern auch für ein zusammengesetztes Atom.

Wir haben deshalb auch bei unserem Begriff von Basen und Säuren jene als die elektropositiven Bestandtheile, diese als die elektronegativen eines Salzes aufgeführt. Wird ein Salz dem elektrischen Strome ausgesetzt, so erfolgt die Zersetzung in der Weise, dass die Säure von dem $+$ Pol und die Basis von dem $-$ Pol angezogen wird, weshalb man jene als den elektronegativen und diese als den elektropositiven Bestandtheil eines Salzes betrachtet.

Uebrigens ist der Charakter bei den Säuren und Oxyden auch nicht immer beständig, denn manche Oxyde treten bald als Säuren, bald als Basen auf, und es richten sich ihre vorherrschenden

Charaktere sehr häufig nach dem hinzutretenden Oxyde. Die Verbindungen der Körper mit Sauerstoff, Schwefel und den Salzbildern behaupten den vorherrschenden elektrochemischen Charakter des Radicals, d. h. ist dieses vorherrschend elektronegativ, so tritt die Verbindung mit jenen auch gegen andere elektronegativ auf und so umgekehrt.

§. 446. Wir werden nun zugeben müssen, dass, wenn wir nach dieser elektrochemischen Hypothese eine Definition von der Verbrennung geben wollen, dies nicht unrichtig ist, wenn wir sagen, die Verbrennung ist eine Vereinigung eines mehr oder weniger elektropositiven Elementes mit einem elektronegativen Elemente, wobei durch die Neutralisation der Elektricitäten die Erscheinung des Feuers eintritt, welche bei jeder chemischen Verbindung erfolgt. Der Verbrennungsunterhalter oder Zünder muss also ein elektronegatives Element mit stark ausgeprägtem Charakter sein, während der verbrennliche Körper ein mehr elektropositives Element oder ein an solchen Elementen reicher Körper sein muss. Der verbrannte Körper aber könnte fast jeder einfach zusammengesetzte Körper sein, da die meisten derselben als elektronegatives Element einen Zünder haben.

§. 447. Es wird uns nun aus unserem Raisonnement einleuchten, dass das zum Zünder sich elektropositiv verhaltende Radical in der elektrochemischen Reihe recht gut eine mehr elektronegative Stellung einnehmen könne, denn wenn die negative Polarität desselben mit der stärker negativen Polarität des Zünders nicht ausgeglichen ist, so wird diese vorherrschen, und insofern kann es in der elektrochemischen Reihe eine mehr elektronegative Stellung einnehmen, abgesehen davon, dass man ja schon annimmt, dass in dieser jedes folgende Element sich zum vorhergehenden elektropositiv verhält. So ist es aber auch erklärlich, dass eine solche Verbindung erster Ordnung, in welcher die Polaritäten zweier mehr negativ elektrischer Elemente nicht ausgeglichen sind, mehr geneigt ist, sich mit anderen Körpern zu verbinden, bei denen die positive Polarität mehr vorherrscht.

Wir werden aber nun hiernach, wenn wir die verschiedene Ausgleichung der Polaritäten im Auge haben, uns auch recht gut die Wandelbarkeit des elektrochemischen Charakters der Körper erklären können. Man kann sich demnach wohl denken, dass, wenn zwei Körper sich zu vereinigen streben, sie keine entgegengesetzte Polarität zu besitzen brauchen, sondern dass der, bei welchem dieselbe am meisten ausgeprägt ist, die entgegengesetzte in dem anderen hervorruft; der Charakter der Verbindung wird aber dann natürlich den beiden gleichnamigen Polaritäten der ursprünglichen Bestandtheile entsprechen, d. h. sind die Atome der Elemente elektropositiv, so ist es auch die Verbindung und so umgekehrt.

§. 448. Der Annahme der elektrischen Theorie zu Folge haben wir also jeden chemischen Process als einen ursprünglich elektrischen anzusehen, und die Affinität als die Wirkung der elektrischen

Polarität zu betrachten, denn rührte die Vereinigung und das Zusammenhalten von der Affinität her, so würde die Verbindung nicht den elektrischen Einflüssen ausgesetzt sein. Denn wir wissen, dass eine jede chemische Verbindung sich durch Wiederherstellung der elektrischen Polarität ihrer Bestandtheile wieder aufheben lässt. Bei dieser Zersetzung der Verbindungen durch den elektrischen Strom verschwinden die einwirkenden Elektricitäten und die Bestandtheile nehmen ihre früheren chemischen und elektrischen Eigenschaften wieder an. Erfolgt die Zersetzung eines einfach zusammengesetzten Körpers durch einen anderen, welcher sich mit dem einen Elemente jenes zusammengesetzten Körpers verbindet, so muss die Stärke der Polarität dieses hinzutretenden bedeutender sein, als die des ausgestossenen; er erzeugt dadurch eine vollkommene Neutralisation der beiden neu verbundenen Stoffe, ebenfalls Wärmeentwicklung, und der ausgeschiedene Stoff erscheint wieder mit seiner natürlichen Polarität. Wenn wir aber die wesentlichsten Bedingnisse der Affinität mit den elektrischen Erscheinungen vergleichen, so finden wir jene, nämlich die Neigung, sich mit heterogenen Körpern zu verbinden, mit dieser letzteren übereinstimmend und darnach sollte eigentlich die Affinität eher die Quelle chemischer Verbindung sein. Es wird daher auch wohl die Affinität als eine der Materie angehörige besondere Kraft angenommen, so dass die Atome bei der Vereinigung von dieser zusammengehalten werden und sich die entgegengesetzten Elektricitäten entladen, wodurch Licht und Wärme entsteht, wiewohl dieses wieder mit der Vernichtung der chemischen Verbindungen durch den elektrischen Strom übereinstimmt, da man nach der elektrochemischen Hypothese nicht gut annehmen kann, dass jene Kraft, unabhängig von der Elektricität, durch den elektrischen Strom vernichtet werden soll. Nach jener modificirten Theorie würde also die chemische Verbindung von zwei Kräften bewirkt, nämlich durch die Affinität der wägbaren Stoffe und die Affinität der Elektricitäten. Da nun die elektrochemische Theorie in jeder chemischen Verbindung einen elektrischen Gegensatz annimmt, und dieselbe daher aus zwei Bestandtheilen, einem elektronegativen und einem elektropositiven bestehen muss, so wird man auf organische Verbindungen diese Theorie nur anwenden können, wenn man bei diesen, wie es in unserm System geschehen ist, mit Hülfe der zusammengesetzten Radicale Verbindungen erster, zweiter und dritter Ordnung annimmt. Aber die Gesetze der Polarität lassen sich, namentlich bei den organischen Verbindungen, nicht streng durchgreifend anwenden, da die Existenz der zusammengesetzten Radicale nicht fest begründet ist. Wenn nun also auch überhaupt der elektrochemischen Theorie manche Einwürfe gemacht werden können, und man z. B. nach ihr die Feuerentwicklung bei der Zersetzung einzelner chemischer Verbindungen nicht erklären kann, so liefert sie uns doch für den chemischen Process eine höchst sinnreiche Erklärung und erleichtert ohne Zweifel sehr die Anschauung der Lehre von den chemischen Verbindungen. Aber sie muss auch namentlich

deshalb beibehalten werden, weil ihr bis jetzt noch keine andere den Rang in der Weise streitig machte, dass sie von derselben aus dem Felde geschlagen worden wäre.

Elektrolyse.

Anhang zur elektrochemischen Theorie.

§. 149. Als Stütze für die elektrochemische Hypothese haben wir die Elektrolyse oder die Zerlegung chemischer Verbindungen in binäre Elemente zu betrachten, durch deren tägliche Fortschritte jene immer mehr befestigt wird, so dass der Zusammenhang zwischen chemischen und elektrischen Kräften deshalb auch immer mehr ausser Zweifel gesetzt werden muss. Wir haben die Operationen, welche zur Elektrolyse erforderlich sind, im physikalischen Theile besprochen, und uns mehrfach ins Gedächtniss gerufen, dass die Wasserzersetzung durch Carlisle und Nicholson die ersten gelungenen Versuche waren, dass aber auch später Oxyde und Salze durch Einwirkung des elektrischen Stromes zerlegt worden sind. Wir wollen daher hier nur einige wichtige Momente hervorheben, die bis dahin noch nicht erwähnt wurden, und dies betrifft zunächst das von Faraday entworfene elektrolytische Gesetz. Dieser Chemiker fand nämlich, dass die Menge der an den Polen ausgeschiedenen Bestandtheile einer Verbindung in einem besonderen Verhältnisse zu der Quantität des sich auflösenden Zinks stehe; wird nämlich chemisch reines Zink zu einer galvanischen Kette verwandt, so wird gerade so viel zersetzt und Zink aufgelöst, als zur Leitung des circulirenden Stromes erforderlich ist, woraus folgt, dass die Menge aufgelösten Zinks in einem bestimmten Verhältnisse zu diesem Strome stehen muss. Es stellte sich nun aber auch heraus, dass für jedes Mischungsgewicht Wasserstoff, welches sich in der Zerlegungszelle entwickelt, auch in jeder Zelle ein Aequivalent Zink aufgelöst wird, dass überhaupt die Menge des entwickelten Wasserstoffgases und die Quantität des aufgelösten Zinks sich wie ihre Mischungsgewichte zu einander verhalten; und zwar hat sich diese Thatsache nicht allein bei diesem einzelnen Fall herausgestellt, sondern für viele andere zusammengesetzte Körper gefunden, dass die durch ein und denselben elektrischen Strom zerlegbare Gewichtsmengen binärer Verbindungen sich wie die chemischen Aequivalente verhalten. So entsprechen z. B. die durch elektrolytische Zersetzung von Chlorsilber, Chlorzink, schwefelsaures Kupfer u. s. w. erhaltenen Quantitäten der abgeschiedenen Stoffe sehr genau den sogenannten Aequivalentzahlen. Die Quantität der abgeschiedenen Stoffe ist auf der anderen Seite stets der zur Abscheidung erforderlichen Elektricität proportional, und man kann aus diesen Thatsachen folgern, dass die chemischen Aequivalente diejenigen relativen Gewichte der Stoffe bezeichnen, welche in Berührung mit einem und demselben Grundstoffe eine gleich starke elektrische Polarität annehmen.

Wenn nun auch neuerdings die Richtigkeit des elektrischen Ge-

setzes bestritten worden ist, so ist nach den hierüber angestellten Versuchen keine Garantie für die Reinheit der dazu angewandten Substanzen gegeben worden; überhaupt ist ja auch die Vorstellung von der Zusammensetzung des Wassers im Verhältniss von 2:4 nur annäherungsweise richtig.

§. 450. Wollten wir die grosse Reihe der herrlichsten Resultate, welche durch Elektrolysirung unorganischer Salzverbindungen erzielt worden sind, hier aufführen, so würde uns dies zu weit führen. Von grosser Wichtigkeit aber ist vielmehr es zu erwähnen, dass man in neuerer Zeit auch Salze der Elektrolyse unterworfen hat, deren Säuren auf einer niedrigeren Oxydationsstufe stehen. Vorzugsweise ist jedoch für die elektrochemische Theorie in ihrer Anwendung auf organische Verbindungen wesentlich, dass in jüngster Zeit durch Kolbe insofern interessante Resultate erzielt wurden, als er organische Verbindungen der Elektrolyse unterwarf, denn ihm gelang es, aus der Valeriansäure das organische Radical, Valyl genannt, und aus der Essigsäure das Methyl abzuscheiden, wodurch ein Weg angebahnt ist, der zu den bedeutungsvollsten Resultaten und Fortschritten in der organischen Chemie führen kann und namentlich für die Radicaltheorie einen grossen Werth hat. Möge daher es nicht überflüssig erscheinen, den Hergang der Zersetzung hier anzuführen.

Wird nach Kolbe valeriansaures Kali (denn dieses musste genommen werden, da die freie Valeriansäure den galvanischen Strom schlecht leitet) der Elektrolyse unterworfen, so entwickelt sich am positiven Pol Sauerstoff, wodurch die Valeriansäure ($C_8H_9C_2O_3$) oxydirt wird und in Valyl C_8H_9 und Kohlensäure C_2O_4 zerfällt; oder das Valyl unterliegt selbst vielmehr einer theilweisen Oxydation, und es bildet sich Valyloxid C_8H_9O , welches mit Valeriansäure sich verbindet und, mit dem übrigen Valyl gemischt, das rohe Oel bildet. Ausserdem aber entzieht der nascirende Sauerstoff dem Valyl ein Aequivalent Wasserstoff, um mit demselben Wasser zu bilden, wodurch dann der dem ölbildenden Gase homologe Körper C_8H_8 entsteht, welcher mit der Kohlensäure am positiven Pol entweicht.

Aehnliche Resultate erzielte Kolbe durch die Elektrolyse der Essigsäure, indessen musste auch hierzu essigsaures Kali verwandt werden, weil die freie Essigsäure ebenfalls, wie die Valeriansäure, den galvanischen Strom schlecht leitet.

Achtes Capitel.

Atomistische Theorie.

§. 451. Wir wenden uns nun zu einer Hypothese über die innere Beschaffenheit der Verbindungen, nämlich zu der sogenannten atomistischen, besser Atomentheorie, welche Dalton zuerst

in die Chemie einführt und welche in Bezug auf neue Forschungen und Erweiterung des chemischen Lehrgebäudes die glänzendsten Erfolge nach sich gezogen hat. Nach dieser Ansicht denkt man sich die Materie aus kleinen Theilchen oder Atomen (von denen schon öfter die Rede war) zusammengesetzt, welche in mehr oder minder grossen Zwischenräumen neben einander gelagert sind. Schon die griechischen Philosophen, namentlich Demokrit, von dem das Wort Atom herrührt, Leucipp und Epicur huldigten der Ansicht, dass sämtliche Körper durch das Zusammentreffen und die Anhäufung kleiner Theilchen gebildet würden und die Beschaffenheit der Körper von der der Atome abhängig sei. Man legte den Atomen übrigens etwa nicht eine Anziehungskraft bei, sondern betrachtete sie als bewegliche, äusserst kleine unzerlegbare Theilchen von verschiedener Grösse, die sich zu grossen Massen anhäufen, aber einander nicht genau berühren. Diesem Begriff wurde solche Bedeutung untergelegt, dass man sämtliche Eigenschaften der Körper durch die verschiedene Form der Atome zu erklären suchte, wiewohl man in älteren Zeiten diese von der verschiedenen Zusammenfügung der Atome ableitete.

Dieser atomistischen Ansicht, welche sich zwar bis auf die neueste Zeit erhalten, trat die im vorigen Jahrhunderte von Kant begründete sogenannte dynamische Theorie feindselig entgegen, welche in sämtlichen Philosophen eifrige Vertheidiger gefunden hat. Nach dieser Ansicht betrachtet man die Materie bis ins Unendliche theilbar, sie füllt den Raum vollständig aus und behauptet ihr Dasein durch das Gleichgewicht anziehender und abstossender Kräfte. Wirken zwei Materien in der Weise auf einander, dass sie durch ihre Verbindung ihre Theile verändern, so ist die Verbindung eine chemische, und es ist dann eine wirkliche gegenseitige Durchdringung ihrer Theile erfolgt.

Es lässt sich nicht leugnen, dass, wenn man das Hauptprincip der atomistischen Theorie, nämlich die begrenzte Theilbarkeit, genau ins Auge fasst und weiter verfolgt, dieses zu manchen Widersprüchen führt; jedoch lassen sich die Eigenschaften der Körper speciell nicht beschreiben, ohne von Theilchen zu reden, wiewohl diese Theorie immer eine reine Hypothese bleibt. Ist die Vorstellung von Atomen immerhin auch nur bildlich, so giebt sie doch dem Charakter für die verschiedenartige Zusammensetzung chemischer Verbindungen in bestimmten Verhältnissen eine noch befriedigendere Erklärung als die dynamische Ansicht.

Ueberhaupt ist die ältere atomistische Theorie insofern sehr modificirt worden, als man die Verschiedenheit der Masse der Verschiedenartigkeit der Atome zuschreibt und die Eigenschaften der Körper auf die Eigenschaften der Atome überträgt oder vielmehr von ihnen ableitet, und diesen ebenfalls, wie nach der dynamischen Theorie, Anziehungskräfte und Abstossungskräfte beilegt, durch deren verschiedene Wirkungsäusserung grössere oder kleinere Zwischenräume zwischen den Atomen bleiben. Nach der neueren atomistischen Theorie wohnen den Atomen also selbst jene Kräfte

inne, die eine wechselseitige Anziehung hervorrufen; man denkt sich nach dieser Ansicht die Atome als kleine Körperchen, welche sich durch mechanische oder andere Kräfte in kleine Theilchen theilen lassen, und in gewissen Zwischenräumen, bedingt durch Cohäsion, Wärme u. s. w. ein zusammenhängendes Ganze bilden, aber einer verschiedenen Anordnung unterworfen sind. Die bestimmten Gewichtsverhältnisse jedoch, in denen die zusammengesetzten Körper chemisch mit einander verbunden sind, haben der atomistischen Lehre eine besondere Umgestaltung gegeben, indem jene die Veranlassung zur Annahme von einfachen und zusammengesetzten gaben, und zwar war es Dalton, welcher, wie schon erwähnt, zuerst die atomistische Lehre auf die verschiedenartigsten chemischen Verbindungen anwandte; man pflegt daher diese Theorie in dem Sinne, wie sie der Chemiker annimmt, zum Unterschied von jener älteren atomistischen Theorie gewöhnlich *Atomentheorie* zu nennen.

§. 152. Dalton nahm ebenfalls an, dass alle Körper nur bis zu einer gewissen Grenze theilbar sind; nach ihm sind die Atome der verschiedenen einfachen Körper verschieden schwer, auch wahrscheinlich verschieden gross, und sämmtlich mit einer Wärmeatmosphäre umgeben. Dalton betrachtete zuerst die chemischen Verbindungen durch ein Aneinanderlagern von Atomen heterogener Körper entstanden. Durch Vereinigung heterogener Atome bilden sich neue zusammengesetzte Atome oder Atomgruppen. Wir haben daher die chemische Verbindung rücksichtlich ihrer atomistischen Constitution als eine Aneinanderlagerung heterogener Atome anzusehen, unter denen die Affinität und elektrische Polarität ihre Wirkungsäusserung geltend macht, während unter den Atomen eines einfachen Körpers, oder unter einfachen Atomen, wie erwähnt, die Cohäsion sich äussert.

Die zusammengesetzten Atome widerstehen der zerstörenden Einwirkung mechanischer Kräfte, dagegen lassen sie sich aber auf chemischem Wege trennen. Wird eine chemische Verbindung erzeugt, so verbindet sich ein Atom des einen Bestandtheils mit einem oder mehreren Atomen des anderen Bestandtheils; jedoch wissen wir, dass namentlich bei den unorganischen Verbindungen die Verhältnisse nicht so complicirt sind, dass nämlich sich nicht eine beträchtliche Anzahl mit einer beliebigen Menge des anderen Bestandtheils verbindet, sondern dass diese eine mehr beschränkte ist.

Die in einem zusammengesetzten Atome enthaltenen einfachen Atome stehen in einem einfachen oder bestimmten vielfachen Verhältnisse zu einander.

Verbindet sich ein Atom mit einem anderen Atom, so entsteht ein Atom der Verbindung; nun kann sich aber auch ein Atom des einen Elements mit zwei Atomen des anderen verbinden, wodurch ebenfalls ein neues Atom einer Verbindung entsteht, und so kann sich auch ein Atom mit 3, 4, 5, 6 u. s. w. Atomen des anderen Körpers verbinden; ja sogar kommen Verbindungsatome vor, in denen 2 Atome des einen Bestandtheils mit 3 und 5 Atomen des

anderen verbunden sind; nach neuen Erfahrungen nimmt man sogar an manchen Verbindungen das Verhältniss von 3 zu 5, 4 zu 5 u. s. w. an. Noch complicirter sind aber die Verhältnisse in den organischen Verbindungen. Am besten werden wir uns von diesen Verhältnissen der Atome zu einander überzeugen, wenn wir dieselben durch Beispiele erläutern.

1 Atom R. verbindet sich mit 1 Atom S. zu 1 Atom Oxyd; z. B. 1 Atom Kalium und 1 Atom Sauerstoff bilden 1 Atom Kaliumoxyd $= \text{KO}$.

1 Atom R. verbindet sich mit 2 Atomen S. zu 1 Atom chemischer Verbindung; z. B. 1 Atom Mangan verbindet sich mit 2 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Manganhyperoxyd $= \text{MO}_2$. 1 Atom Schwefel verbindet sich mit 2 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom schwefeliger Säure $= \text{SO}_2$.

1 Atom R. verbindet sich mit 3 Atomen S.; z. B. 1 Atom Schwefel mit 3 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Schwefelsäure $= \text{SO}_3$. 1 Atom Kohlenstoff mit 3 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Oxalsäure $= \text{CO}_3$. 1 Atom Eisen mit 3 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Eisensäure $= \text{FO}_3$. 1 Atom Kalium mit 3 Atomen Schwefel zu 1 Atom dreifach Schwefelkalium $= \text{KS}_3$.

1 Atom R. verbindet sich mit 4 Atomen S. zu 1 Atom chemischer Verbindung; z. B. 1 Atom Kalium verbindet sich mit 4 Atomen Schwefel zu 1 Atom Quadrisulfuret $= \text{KS}_4$. 1 Atom Stickstoff mit 4 Atomen Wasserstoff zu 1 Atom Ammonium $= \text{H}_4 \text{N}$. 1 Atom Kaliumoxyd mit 4 Atomen Oxalsäure zu 1 Atom vierfach-oxalsaurem Kali $= \text{K}\bar{\text{O}}_4$.

1 Atom R. verbindet sich mit 5 Atomen S. zu 1 Atom chemischer Verbindung; z. B. 1 Atom Phosphor mit 5 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Phosphorsäure $= \text{PO}_5$. 1 Atom Arsen mit 5 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Arsensäure $= \text{As. O}_5$.

2 Atome R. verbinden sich mit 3 Atomen S. zu 1 Atom einer Verbindung; z. B. 2 Atome Mangan mit 3 Atomen Chlor zu 1 Atom Manganchlorid $= \text{Mn}_2 \text{Cl}_3$. 2 Atome Eisen mit 3 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Eisenoxyd $= \text{Fe}_2 \text{O}_3$. 2 Atome Kaliumoxyd mit 3 Atomen Kohlensäure zu 1 Atom anderhalb kohlen-saures Kali $= \text{K}_2 \ddot{\text{C}}_3$.

2 Atome R. mit 5 Atomen S. zu 1 Atom einer Verbindung; z. B. 2 Atom Stickstoff verbinden sich mit 5 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Salpetersäure $= \text{N}_2 \text{O}_5$. 2 Atome Chlor mit 5 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Chlorsäure $= \text{Cl}_2 \text{O}_5$.

2 Atome R. mit 7 Atomen S. zu 1 Atom neuer Verbindung; z. B. 2 Atome Mangan mit 7 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Uebermangansäure $= \text{Mn}_2 \text{O}_7$. 2 Atome Chlor mit 7 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Ueberchlorsäure $= \text{Cl}_2 \text{O}_7$.

Je nach verschiedenartigen Verhältnissen bildet sich der Schwefel mit Sauerstoff; z. B. 3 Atome Schwefel bilden mit 5 Atome Sauerstoff 1 Atom Trithionsäure $= \text{S}_3 \text{O}_5$. 4 Atome Schwefel mit 5 Atomen

men Sauerstoff zu Atom Tetrathionsäure $= S_4 O_5$. 5 Atome Schwefel mit 5 Atomen Sauerstoff zu 1 Atom Pentathionsäure.

Die organischen Verbindungen liefern uns übrigens Bilder von noch complicirterer Zusammensetzung der Atome, wovon wir eine grosse Anzahl Beispiele anführen könnten. Die organischen Säuren, z. B. die wasserfreie Weinsäure besteht aus 8 Atomen Kohlenstoff, 4 Atomen Wasserstoff und 10 Atomen Sauerstoff, also $= C_8 H_4 O_{10}$; das Morphin ist aus 35 Atomen Kohlenstoff, 40 Atomen Wasserstoff, 2 Atomen Stickstoff und 6 Atomen Sauerstoff zusammengesetzt; das Benzin aus 12 Atomen Kohlenstoff und 6 Atomen Wasserstoff; Naphtalin aus 20 Atomen Kohlenstoff und 8 Atomen Wasserstoff; der Harnstoff aus 2 Atomen Kohlenstoff, 8 Atomen Wasserstoff, 4 Atomen Stickstoff und 2 Atomen Sauerstoff.

Wir sehen aus diesen Beispielen, wie sich die verschiedenen einfachen Atome zu einem zusammengesetzten Atome vereinigen, und wie dadurch zusammengesetzte Körper gebildet werden. Wir haben uns also in einem zusammengesetzten Atome Gruppen heterogener Atome in bestimmten Verhältnissen so neben einander gelagert zu denken, wie in einem einfachen Körper Gruppen gleichartiger Atome enthalten sind. Indessen sind auch gewisse Elemente, wie überhaupt manche zusammengesetzte Körper in Bruchverhältnissen mit einander vereinigt. Da wir aber uns nach dem Hauptprincip der atomistischen Lehre keinen Bruch eines Atoms denken können, so müssen wir annehmen, dass in solchen Verbindungen sich von jedem Bestandtheile mehrere Atome zusammengelegt haben.

§. 153. Die Annahme der Atome, wenn auch immerhin nur eine hypothetische, ist aus den Erfahrungsgesetzen über die bestimmten Verbindungsverhältnisse hervorgegangen und gleichsam als die Erklärung für diese zu betrachten; man kann daher auch wohl die Atomentheorie als die hypothetische Ursache der chemischen Proportionen annehmen.

Da die Annahme der Existenz der Atome aber eben nur eine Hypothese ist, so lässt sich natürlich mit Sicherheit über die Gestalt derselben nichts sagen; wollten wir sie uns versinnlichen oder bildlich darstellen, so würden wir ihnen am passendsten eine Kugelgestalt oder Kreisform geben müssen; oder bei krystallisirten Körpern hätten wir von diesen Formen oder dem Aggregate der Atome auf die Form der einzelnen Atome zu schliessen. Eben so wenig kann auch von dem absoluten Gewicht der Atome die Rede sein, da uns der wirkliche Begriff von einem einzelnen Atome fehlt. Dennoch wissen wir, dass das Gewicht der Atomgruppen eines Elementes von dem eines anderen verschieden ist, es muss also ihnen eine relative Schwere eigen sein. Wenn man also vom Atomengewicht spricht, so kann natürlich nur das relative Gewicht gemeint sein.

Will man eine gleiche Menge Atome verschiedener Körper dem Gewichte nach vergleichen, so bleibt es sich ganz gleich, ob ein einzelnes Atom heterogener Körper oder eine grosse Anzahl dem

Gewichte nach verglichen wird, es muss nur die Anzahl beider gleich sein. Uebrigens versteht sich von selbst, dass, wenn das relative Gewicht durch Vergleichung gefunden werden soll, irgend ein Körper, oder vielmehr das Gewicht der Atomengruppen desselben als Einheit angenommen werden muss.

Die Summen des Gewichts einer Atomengruppe muss der Summe des Gewichts der einzelnen Atome gleich sein. Hierzu würde nun freilich nöthig sein, dass wir die Zahl der Atome kennen; jedoch lässt sich diese mit Sicherheit nicht ausmitteln, sondern nur mit Wahrscheinlichkeit aus den relativen Gewichten, in Aequivalenten oder Mischungsgewichten, wovon sogleich die Rede sein wird, ableiten.

Begriff von Aequivalent.

§. 154. Die Erfahrung hat uns gelehrt, dass, wie schon oft erwähnt, die Bestandtheile einer chemischen Verbindung in bestimmten Gewichtsverhältnissen mit einander vereinigt sind, und zwar bedingen diese Thatsachen den wesentlichsten Charakter einer chemischen Verbindung.

Die Analyse zeigt uns, dass z. B. das Kaliumoxyd aus 488,9 Gewichtstheilen Kalium und 100 Theilen Sauerstoff besteht, dass die Schwefelsäure aus 200 Theilen Schwefel und 300 Theilen Sauerstoff zusammengesetzt ist. Dieses Verhältniss wird unter allen Umständen dasselbe sein; es ist ein constantes, welches zwischen dem Sauerstoff und dem Schwefel stattfindet, um Schwefelsäure zu bilden. Es giebt manche zusammengesetzte Körper oder Verbindungen, welche in ihren physikalischen Eigenschaften eine Analogie zeigen, aber dennoch nicht für identisch gehalten werden können. Diese Identität kann nur dann angenommen werden, wenn die Analyse uns beweist, dass die Bestandtheile dieselben und in demselben Verhältniss mit einander verbunden sind.

Uebrigens ist das Gewichtsverhältniss nicht nur für bestimmte Körper dasselbe, sondern wenn zwei Körper sich mit einem dritten Körper verbinden, so wird das Verhältniss dasselbe sein, in welchem sie sich mit einem anderen verbinden. Die Körper $r + s$ verbinden sich mit p in demselben Verhältniss, wie mit m oder n . Es kann daher auch eine Gewichtsmenge eines Körpers durch die bestimmte Gewichtsmenge anderer Körper vertreten werden, und zwar geben diese Gewichtsmengen auch zugleich das Verhältniss an, in welchem die Körper sich gegenseitig in ihren Verbindungen vertreten können. Wir haben daher denselben eine doppelte Benennung beizulegen; nämlich indem wir sie einmal als relative Gewichtsmengen betrachten müssen, in denen sich die einfachen Körper zu verbinden oder zu mischen pflegen, und zweitens als sogenannte Ersatzmengen anzusehen haben, in denen sich die Körper in ihren Verbindungen gegenseitig vertreten können; in Bezug auf erstere Eigenschaft nennt man

sie daher Mischungsgewichte, und rücksichtlich der Fähigkeit als Ersatzmenge aufzutreten, nennt man sie Aequivalente.

§. 455. Da diese Aequivalente oder Mischungsgewichte nun aber als relative Gewichtsmengen zu betrachten sind, so ist natürlich erforderlich, dass man das Gewichtsverhältniss eines Körpers, in welchem sich derselbe mit anderen Körpern verbindet, als Norm annimmt, und hierfür wählt man in der Regel den Sauerstoff, dessen Aequivalentzahl $= 100$ ist, weil sich nach dieser Zahl leicht berechnen lässt, wiewohl von manchen Chemikern der Wasserstoff zu Grunde gelegt wird, indem sie dessen Aequivalentzahl $= 1$ setzen. Durch die genauesten Untersuchungen hat man diese Aequivalentzahlen für die übrigen Elemente ermittelt, wie wir sie in der Tabelle am Schlusse des Werkes finden.

Wenn wir also von der Aequivalentzahl des Schwefels $= 200$, oder von der des Stickstoffs $= 177$ sprechen, so ist stets dabei zu suppliren, dass Sauerstoff $= 100$ gesetzt ist. Redet man von der Aequivalentzahl des Schwefels $= 16$, und von der des Stickstoffs $= 14$, so ist im Gedächtniss zu halten, dass Wasserstoff $= 1$ angenommen ist.

§. 456. Wenn wir nun die Mischungsgewichtszahl für den Sauerstoff $= 100$, und für den Wasserstoff $= 12,50$ annehmen, so ist die des Wassers $= 112,50$, wenn die des Kaliums $= 488,9$ ist, so ist die des Kaliumoxyds $= 588,9$. Verbindet sich die Schwefelsäure mit dem Kaliumoxyd, also ein zusammengesetzter Körper mit einem zusammengesetzten, so werden wir für das schwefelsaure Kaliumoxyd folgende Zahl zu setzen haben:

$$1 \text{ Atom Schwefel} = 204$$

$$3 \text{ Atome Sauerstoff} = 300$$

$$\text{Schwefelsäure} = 504$$

$$\text{Kalium} \quad 488,9$$

$$\text{Sauerstoff} \quad 100$$

$$\text{Schwefelsaures Kali } 588,9 + 500 = 1088,9.$$

Es gilt also dasselbe für die zusammengesetzten Verbindungen, was für die einfachen als Gesetz dient, d. h. die chemische Verbindung zusammengesetzter Verbindungen geht ebenso nach Aequivalenten vor sich, wie die der einfachen Elemente, und zwar ist das Aequivalent einer Verbindung immer der Summe der Aequivalente ihrer Bestandtheile gleich, wie uns das obige Beispiel des schwefelsauren Kalis zeigt.

§. 457. Den Ausdruck Aequivalent sehen wir dadurch gerechtfertigt, wenn wir beweisen, dass Stoffe in den Verbindungen sich substituiren, und dies ist wirklich der Fall, denn in einer chemischen Verbindung kann an die Stelle eines Elements ein anderes treten, so dass dadurch die Verbindung ihren Charakter verändert; das eine Metall, welches nun an die Stelle tritt, hat dann natürlich gleichen Werth mit dem verdrängten und kann daher als gleichwerthig (äquivalent) angesehen werden. Hiervon können wir uns am besten bei der Zerlegung chemischer Verbindungen über-

zeugen. Wird Jodwasserstoff durch Chlor zersetzt, so bildet sich Chlorwasserstoffsäure, indem an die Stelle des Jods, welches frei wird, das Chlor tritt. Nun ist aber das Mischungsgewicht des Chlors $= 443,3$, und das des Jods $= 4586,0$ (siehe die Tabellen), also 443,3 Chlor äquivalent mit 4586 Jod. Ebenso kann der Schwefel im Schwefelzink durch Sauerstoff ersetzt werden, folglich sind 200 Schwefel äquivalent mit 400 Sauerstoff; es ist also die relative Gewichtsmenge des Schwefels äquivalent mit der relativen Gewichtsmenge des Sauerstoffs. Oder wenn wir es ganz allgemein ausdrücken wollen, so sind die Äquivalente als die relativen Gewichtsmengen zu bezeichnen, in denen die Körper sich in chemischen Verbindungen substituieren können.

§. 458. Es können sich nun aber nicht allein die chemischen Elemente nach ihren einfachen Äquivalenten verbinden, sondern viele Körper verbinden sich nach dem Vielfachen oder Multiplen der Äquivalente. Es kann sich ein Äquivalent des einen Elementes mit mehreren Äquivalenten eines anderen verbinden, wiewohl manche sich nur in dem einfachen Verhältniss ihrer Äquivalentzahl, wie z. B. das Jod sich mit dem Wasserstoff zu Jodwasserstoffsäure vereinigt. Das von Dalton entdeckte Gesetz der multiplen Proportionen drücken wir am besten folgendermaassen aus: Gehen zwei Körper mehrere Verbindungen ein, so stehen bei unveränderter Menge die Bestandtheile der Verbindung in einem einfachen Verhältniss zu einander. Als Beispiel für die Verbindung zweier Elemente nach dem Vielfachen ihrer Äquivalente mögen die Oxydationsstufen des Mangans gewählt werden.

1 Äquivalent Mangan $= 344,7$ mit 1 Äquivalent Sauerstoff $= 400$ bildet 1 Äquivalent Manganoxydul. 2 Äquivalente Mangan $= 689,4$ mit 3 Äquivalenten Sauerstoff $= 300$ bilden 1 Äquivalent Manganoxyd. 1 Äquivalent Mangan mit 2 Äquivalenten Sauerstoff 344,7 mit 200 1 Äquivalent Mangansuperoxyd. 1 Äquivalent Mangan mit 3 Äquivalenten Sauerstoff 344,7 mit 300 1 Äquivalent Mangansäure. 2 Äquivalente Mangan mit 7 Äquivalenten Sauerstoff 689,4 mit 700 1 Äquivalent Uebermangansäure.

Beziehung zwischen Atom und Äquivalent.

§. 460. Wenn wir näher untersuchen, in welchem Verhältniss Atom und Äquivalent zu einander stehen, so werden uns diese beiden Begriffe identisch erscheinen. Denn wenn wir sagen, 1 Atom Schwefelsäure besteht aus 1 Atom Schwefel und 3 Atomen Sauerstoff, und auf der andern Seite hat die Erfahrung uns gelehrt hat, dass 1 Äquivalent Schwefelsäure aus 1 Äquivalent Schwefel $= 200$ und 3 Äquivalenten Sauerstoff $= 300$ zusammengesetzt ist, so muss der Begriff von Atom und Äquivalent gleichbedeutend sein. Ebenso besteht Eisenoxyd nach der Atomentheorie aus 2 Atom Eisen und 3 Atomen Sauerstoff, und nach der Äquivalenten-

lehre aus 2 Aequivalenten Eisen $= 700,0$ und 3 Aequivalenten Sauerstoff $= 3 \times 100$. Also auch hier würden wir aus einer grossen Anzahl von Beispielen schliessen können, dass Atom und Aequivalent als gleichbedeutend angenommen werden müssen. Diese Annahme ist wenigstens die einfachste und lässt sich auch in sehr vielen Fällen durchführen; jedoch kommen wir dabei auf einige Hindernisse, die es zweifelhaft machen, ob wir Aequivalent und Atom für gleichbedeutend halten können, oder ob ein Aequivalent für mehrere, etwa zwei, Atome genommen werden muss.

Richten wir unser Augenmerk auf das Wasser, so ist uns bekannt, dass dasselbe aus 1 Aequivalent Sauerstoff und 1 Aequivalent Wasserstoff oder aus 100 Theilen Sauerstoff und 12,50 Theilen Wasserstoff zusammengesetzt ist; was jedoch die Atomenzahl anbetrifft, so betrachten manche Chemiker dasselbe ebenfalls aus 1 Atom Sauerstoff und 1 Atom Wasserstoff, andere aber aus 2 Atom Wasserstoff bestehend. Nach der letztern Ansicht wird also 1 Atom Wasserstoff $= 6,25$ angenommen, während im ersten Fall das Atom dem Aequivalent gleichbedeutend angenommen wird. Die Annahme, dass hier ein Aequivalent 2 Atomen gleich sein soll, stützt sich darauf, dass das Wasser aus 1 Volumen Sauerstoff und 2 Volumina Wasserstoff zusammengesetzt ist; denn ein Aequivalent Wasserstoff muss in Gasgestalt einem Aequivalent Sauerstoff gegenüber 2 Volumina Wasserstoffgas enthalten, da ein Aequivalent Wasserstoffgas einen so grossen Raum einnimmt, als ein Aequivalent Sauerstoff. Will man sie also in dem Gewichtsverhältniss von 1 Aequivalent Sauerstoff und 1 Aequivalent Wasserstoff haben, so muss man 1 Volumen Wasserstoffgas und $\frac{1}{2}$ Volumen Sauerstoffgas nehmen, denn gleiche Volumina dieser beiden Gase zusammen gemischt würden dem Gewichtsverhältniss nach 2 Aequivalente Sauerstoffgas und 1 Aequivalent Wasserstoffgas enthalten, da das spezifische Gewicht des letztern bedeutend kleiner ist als das des Sauerstoffgases.

Aus eben denselben Gründen wird auch z. B. ein Aequivalent Chlor in seinen Verbindungen als Doppelatom angenommen. Auch die arsenige Säure ist nach der Ansicht von Berzelius aus 2 Atom Arsen und 3 Atom Sauerstoff zu betrachten, weil sie in Gasform aus 2 Volumen Arsenikgas und aus 3 Volumina Sauerstoffgas zusammengesetzt ist (siehe Volumentheorie), während sie nach anderen Chemikern, der Aequivalentlehre zufolge, aus 1 Aequivalent Arsen und 3 Aequivalent Sauerstoff besteht, wenn Aequivalent und Atom als gleichbedeutend angenommen werden.

Will man nun die Ansicht der Doppelatome geltend machen, so kann sich dies nur auf die Gasarten beziehen, aber beim festen Körper würde sich dies nicht so consequent durchführen lassen, denn sie beruht nur auf der Annahme, dass gleiche Volumina der gasförmigen Körper gleiche Atome enthalten, dass man also Volumen und Atom als gleichbedeutend annimmt. Jedoch ist wohl einfacher und den Thatsachen angemessener, wenn man die Atome und Aequivalente als gleichbedeutend annimmt, da ja überhaupt die

Atomentheorie nur eine reine Hypothese ist und nur zur Erklärung der Erfahrungsgesetze dient; die Annahme der Doppelatome, obgleich sie von manchen Chemikern eingeführt, wäre keineswegs nöthig, obgleich sie dennoch, rücksichtlich der Volumina, worauf wir jetzt ausführlicher zu sprechen kommen, von manchen Autoritäten eingeführt wurde und auch noch beibehalten ist.

Volumentheorie.

Wir haben bereits erwähnt, dass zur Annahme von Doppelatomen die gasartigen Elemente rücksichtlich ihrer Volumina Veranlassung gegeben haben, weil die Verbindungsverhältnisse sich leichter nach den Maassen oder Volumen bestimmen lassen, denn sie vereinigen sich in einfachen und constanten Verhältnissen ihrer Volumina. Gay-Lussac bewies zuerst, dass 1 Volumen Sauerstoffgas mit 2 Volumina Wasserstoffgas sich zu Wasser verbindet, und dehnte seine Untersuchungen auf andere Gasarten aus, die zu günstigen Resultaten führten. Er fand namentlich, dass die Volumina der gasartigen Körper sich in bestimmten einfachen und vielfachen Verhältnissen verbinden, oder entdeckte vielmehr das Gesetz, dass alle gasartigen Körper sich in einfachen Raumverhältnissen mit einander und ebenfalls nach dem Gesetz der multiplen Proportionen verbinden.

Es vereinigen sich nicht allein 1 Volumen Sauerstoffgas mit 2 Volumina Wasserstoffgas zu Wasser, sondern auch z. B. 1 Volumen Chlorgas mit 1 Volumen Wasserstoffgas zu 2 Volumina Salzsäuregas; 2 Volumina Stickstoffgas mit 1 Volumen Sauerstoffgas zu 2 Volumina Stickstoffoxydulgas; 1 Volumen Stickstoffgas mit 3 Volumina Wasserstoffgas zu 3 Volumina Ammoniakgas; 1 Volumen Arsengas mit 3 Volumina Sauerstoffgas zu 1 Volumen arseniger Säure; 1 Volumen Schwefelgas mit 6 Volumina Sauerstoffgas zu 6 Volumina schwefliger Säure; 1 Volumen Schwefelgas mit 9 Volumina Sauerstoffgas zu 6 Volumina Schwefelsäuregas; 1 Volumen Arsengas mit 6 Volumina Wasserstoffgas zu 4 Volumina Arsenwasserstoffgas u. s. w.

Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, dass die Gase sich in bestimmten einfachen Verhältnissen verbinden und die Verbindung der Volumina in einem einfachen Verhältniss zu ihren Bestandtheilen steht. In der Regel findet, wie aus diesen Beispielen hervorgeht, bei der chemischen Vereinigung zweier Gasarten eine Verdichtung statt, sehr selten eine Verdünnung, mitunter aber ist das Volumen der beiden Gase der Summe der Volumina der Bestandtheile gleich, wie bei der Vereinigung des Chlors mit dem Wasserstoffgas der Fall ist.

Wir ersehen aber auch aus obigen Beispielen, dass man nicht allein die Gasarten nach ihren einfachen oder vielfachen bestimmten Raumverhältnissen mit einander verbinden kann, sondern dass man auch versucht hat, die Volumenverhältnisse fester und flüssiger Körper im gasförmigen Zustande zu verbinden.

§. 64. Es wird nun erklärlich sein, dass man wegen des geringeren und bedeutenderen Gewichts, und folglich wegen der verschiedenen Volumina zur Annahme von Doppelatomen veranlasst wurde.

Es ist erwähnt worden, dass 2 Volumina Wasserstoffgas und 1 Volumen Sauerstoffgas sich zu 1 Volumen Wasser verbinden; jedoch kann nicht so leicht untersucht werden, in welchem Verhältniss die Volumina der Gase zu dem Volumen ihres gasförmigen Products stehen, denn dieses wird, wenn man z. B. die beiden Gase durch den elektrischen Funken vereinigt, sehr rasch tropfbarflüssig.

Leichter kann man dies Verhältniss ermitteln, wenn sich Chlorgas und Wasserstoffgas zu Chlorwasserstoff vereinigen; lässt man z. B. beide Gase in eine mit Quecksilber angefüllte Röhre treten, und zwar von jedem einen Kubikzoll, so werden beide genau einen Raum von zwei Kubikzoll einnehmen; lässt man ein wenig Wasser in die Röhre fallen, so wird das gebildete Chlorwasserstoffgas von diesem absorbirt werden, und weder von dem einen noch dem andern Gase etwas übrig bleiben, welches der Fall sein würde, wenn man sie nicht in diesem Verhältniss mischte.

Nun kommt es aber häufig vor, dass sich die Gasarten nicht direct vereinigen; in solchen Fällen muss das Verhältniss aus dem specifischen Gewichte berechnet werden, welches in der Regel mit dem Aequivalent zusammenfällt oder zu diesem in einem einfachen Verhältniss steht.

Wenn wir uns nun ins Gedächtniss zurückrufen, dass die specifischen Gewichte die verschiedenen absoluten Gewichte der Volumina ausdrücken, so müssen natürlich, wenn wir uns die Gase unter gleichem Druck bei gleicher Temperatur denken, Volumina und specifische Gewichte als gleichbedeutend anzusehen sein, und man kann daher nicht unpassend die Anzahl der Volumina, welche einem Aequivalente entsprechen, Aequivalentvolumina nennen. In einem Aequivalentvolumen Chlor werden demnach zwei einfache Volumina enthalten sein. Will man 1 Aequivalent Sauerstoff mit 1 Aequivalent Schwefel mischen, so wird man 1 Aequivalentvolumen Sauerstoff oder 1 Volumen Sauerstoff mit $\frac{1}{3}$ Volumen Schwefeldampf zu mischen haben, da $\frac{1}{3}$ Volumen Schwefel einem Aequivalent Schwefel gleich ist, oder vielmehr das Volumen des Schwefelgases dreimal so gross ist als das des Schwefels selbst.

Wenn man nun also das aus zwei einfachen Volumen bestehende Aequivalent eines gasförmigen Körpers als Aequivalent eines Körpers nimmt, so würde man daraus schliessen können, dass auch das Aequivalentvolumen eines zusammengesetzten Körpers der Summa der Volumina gleich ist, welche seinen Bestandtheilen oder Elementen eigen sind.

Beziehung zwischen Atom und Volumen.

Wenden wir nun die atomistische Theorie auf die Volumina an, so wird, wenn wir Aequivalent und Atom als gleichbedeutend an-

nehmen, das Aequivalentvolumen auch Atomvolumen genannt werden können, wiewohl diese Bezeichnung, wenn auch sehr gebräuchlich, nicht so passend ist als Aequivalentvolumen oder spezifisches Volumen oder auch wohl Molecularvolumen. Die Atomvolumina geben also an, nach welchen Volumenverhältnissen die Körper sich chemisch mit einander vereinigen. Es handelt sich nun zunächst darn, in welcher Beziehung die Atome zu dem Volumen stehen, und ob das Atom dem Volumen gleichbedeutend angenommen werden kann oder ob ein Volumen ungleiche Atomzahl enthält? Stellen wir uns diese Fragen, so müssen wir erwiedern, dass gleiche Volumina ungleiche Atome enthalten, oder vielmehr, dass die verschiedenen Körper in Gasgestalt eine ungleiche Anzahl von Atomen enthalten müssen. Nehmen wir an, dass das Wasser aus 1 Atom Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff besteht, so muss natürlich das Atom Wasserstoff einen noch einmal so grossen Raum einnehmen, als das Atom Sauerstoff, denn bekanntlich vereinigen sich 2 Volumina Wasserstoff mit 1 Volumen Sauerstoff zu Wasser. Gleiche Volumina Sauerstoff und Schwefeldampf vermischt geben das Verhältniss von 1 Atom Sauerstoff und 3 Atomen Schwefel, weil 1 Atom Sauerstoff denselben Raum einnimmt, welchen 3 Atome Schwefel in Gasform ausfüllen, um also 1 Atom von jedem der beiden Körper zu haben, müssen wir 1 Volumen Sauerstoffgas und $\frac{1}{3}$ Volumen Schwefeldampf zusammen bringen, d. h. müssen gleiche Atomvolumina gemischt werden. Wir können also hieraus schliessen, dass gleiche Volumina eine ungleiche Atomenzahl enthalten, wenn wir Aequivalent und Atom als gleichbedeutend annehmen.

Nun haben wir früher erwähnt, dass die Atome sich nicht unmittelbar berühren, sondern sich in gewissen Entfernungen von einander befinden, welche von dem geringeren oder grösseren Druck abhängig sind; denn sämtliche Gase werden durch dieselbe Wärmemenge gleichviel ausgedehnt und das Volumen nimmt bei gleichem Druck gleichviel zu oder ab, woraus gefolgert worden ist, dass die Atome der Gasarten sich in gleichen Entfernungen von einander befinden und dass zwei Gase bei gleichem Volumen eine gleiche Anzahl von Atomen enthalten. Jedoch ist diese Annahme nicht allgemein gültig, denn wollte man sie z. B. auf den Schwefel anwenden, so müsste das Atomgewicht, wie es bis jetzt angenommen, verdreifacht werden, oder vielmehr das jetzt angenommene Atomgewicht des Schwefels würde nur $\frac{1}{3}$ desjenigen sein, welches wir annehmen müssten, wenn Atom und Volumen gleichbedeutend sein sollen; denn nur dann würde das Gewicht des Atoms dem des Volumens gleich sein, wie aus Obigem hervorgeht. Uebrigens ist hinreichend bewiesen, dass die Schwefelsäure aus 1 Atom oder Aequivalent Schwefel und 3 Atomen Sauerstoff besteht, während sie nach der vorausgegangenen Entwicklung aus 1 Atom Schwefel und 9 Atomen Sauerstoff zusammengesetzt sein muss, dem das spezifische Gewicht des Schwefelgases (Sauerstoffgas = 100) 603,49 entspricht, während das Atomgewicht oder Aequivalent desselben = 200 ist, also in dem Verhältniss

von 3 : 4 steht. Eben so auch wie beim Schwefel finden wir durch Vergleichung des Volumens (spec. Gewicht), des Quecksilbers mit seinen Atomgewichten keine Identität zwischen Atom und Volumen, welcher Berzelius huldigte, indem er schloss, dass das wahre Gewicht der Atome sich aus dem specifischen Gewichte der Gase ergeben müsse. Indessen bestimmt man die Atomgewichte des Schwefels und Quecksilbers, so wie des Arsens und Phosphors jetzt nach ihren Gewichtsverhältnissen. Folgende Tabelle wird uns nun überzeugen, dass sowohl die Volumina der eben genannten Elemente als auch die bekannten gasförmigen Elemente mit den Atomgewichten übereinstimmen, dass also, wenn wir Atom dem Aequivalent gleichbedeutend annehmen, Atom und Volumen nicht identisch sein kann, wiewohl sie in einem einfachen Verhältniss zu einander stehen.

Am augenscheinlichsten werden wir diese Vergleichung machen können, wenn wir das spec. Gewicht in Beziehung auf den Sauerstoff = 400 angeben.

Spec. Gewicht.		Aequivalent.		Verhältniss.
Sauerstoff	= 400	Sauerstoff	= 400	1 : 1
Chlor	= 221,32	Chlor	= 443,3	1 : 2
Brom	= 489,45	Brom	= 999,63 od. 1000,0	1 : 2
Jod	= 789,44	Jod	= 1586,0	1 : 2
Wasserstoff	= 6,26	Wasserstoff	= 12,5	1 : 2
Stickstoff	= 87,8	Stickstoff	= 175,00	1 : 2
Schwefel	= 603,49	Schwefel	= 200,00	3 : 4
Arsen	= 940,08	Arsen	= 937,5	1 : 1
Phosphor	= 392,3	Phosphor	= 400,0	1 : 1
Quecksilber	= 632,9	Quecksilber	= 1250,0	1 : 2

Diese kleine Tabelle zeigt uns, dass, wenn auch nicht die Aequivalentgewichte der Elemente mit dem specifischen Gewicht sämtlicher Gase zusammenfallen, doch wenigstens in einem einfachen Verhältniss zu einander stehen, woraus sich ergibt, dass, wenn wir z. B. ein Atom Chlor, oder Stickgas, oder Jod, oder Wasserstoffgas für identisch mit dem Volumen derselben halten, ein Aequivalent dieser Elemente immer aus 2 Atomen bestehend angenommen werden muss; übrigens nimmt man jetzt fast allgemein Atom gleichbedeutend mit Aequivalent an, wodurch alsdann natürlich die Spaltung der Aequivalente in Atome wegfällt. Jedoch ist wohl einzuräumen, dass, wenn man der Volumentheorie auch keine Gültigkeit zugestehen will, ihre Benutzung für die Verbindungsverhältnisse mancher Gasarten und namentlich bei manchem flüchtigen Körper nicht verworfen werden darf. Ebenfalls wird der Volumentheorie eine Controle für die bestimmten Atomgewichte nicht abgesprochen werden können. Uebrigens mag bemerkt werden, dass wir bei unsern Beispielen Atom und Aequivalent als gleichbedeutend nehmen, wir überhaupt für Arsen, Phosphor, Sauerstoff den Ausdruck Atomvolumen oder Aequivalentvolumen gebrauchen können, ohne Doppelatome darunter zu verstehen, da die Volu-

mina dieser Elemente zu dem Atomgewichte oder Aequivalent in dem Verhältniss wie 1 : 1 stehen. Wir können also sagen: unter Atomvolumen versteht man die Anzahl der Volumina oder die Bruchtheile der Volumina, welche einem Atomgewichte entsprechen, und finden dasselbe, wenn wir das Atomgewicht, durch das specifische Gewicht oder Volumengewicht dividiren, oder vielmehr das Atomvolumen eines Körpers wird durch den Quotienten aus seinem specifischen Gewichte in sein Atomgewicht ausgedrückt. Diese Beziehung der specifischen Gewichte und Atomgewichte hat man jedoch nicht allein bei gasförmigen Elementen zu ermitteln gesucht, sondern Ammermüller, Kopp und Schröder haben sich bestrebt das Verhältniss der specifischen Gewichte fester und flüssiger Körper zu ihren Atomgewichten zu erforschen, oder vielmehr das Atomvolumen derselben berechnet, dessen Genauigkeit natürlich von der Bestimmung des specifischen Gewichts und Atomgewichts abhängt.

So ist z. B. das specifische Gewicht des Eisens nach Broling $= 7,84$ (Wasser $= 1$ angenommen) und das Atomgewicht desselben nach unseren Tabellen 350, also $\frac{350}{7,84} = 44$ dem Atomvolumen des

Eisens. Ferner ist das des Mangans $\frac{344,7}{8,04} = 43$ u. s. w. (Eine Tabelle wird uns am Schluss die berechneten Atomvolumen der übrigen elementaren Körper mittheilen.) Sollen nun Vergleiche des Atomvolumens fester und flüssiger Körper mit dem der gasförmigen angestellt werden, so müssen wir natürlich ihnen eine gleiche Einheit zu Grunde legen, wozu man in der Regel Sauerstoff $= 100$ nimmt, da auch die Atomgewichte in Beziehung auf Sauerstoff $= 100$ bestimmt sind. Da man nun aber weiss, dass das Wasser 696 mal schwerer als Sauerstoff ist, so braucht man nur die spec. Gewichte (Sauerstoff $= 1$) mit 696 und d. P. mit 100 zu multipliciren. Endlich verdient noch bemerkt zu werden, dass, wiewohl man früher an einer Beziehung zwischen dem spec. Gew. und der chemischen Zusammensetzung fester und flüssiger Verbindungen zweifelte, die genannten Chemiker und Physiker durch ihre Untersuchungen das Gegentheil darzuthun suchten. Diese führten nämlich zu folgendem Resultate: Verbinden sich zwei Körper in mehreren multiplen Verhältnissen, so sind die Gewichtsmengen der Bestandtheile in gleichem Volumen dieser Verbindungen, d. h. ihre Dichtigkeiten proportional der Anzahl ihrer Atome oder umgekehrt der einfachen Atome in den zusammengesetzten.

§. 463. In Bezug auf die Vergleichung des Atomvolumens chemischer Verbindungen mit dem Atomvolumen ihrer Bestandtheile müssen wir eine Entdeckung Schröder's erwähnen.

Derselbe stellte nämlich den Satz auf, dass, wenn man von dem Atomvolumen von Verbindungen, welche einen gemeinschaftlichen Bestandtheil enthalten, das Atomvolumen des anderen Bestandtheils abzieht, für den gemeinsamen Bestandtheil ein gleicher Rest bleibt.

Jedoch muss in Bezug hierauf bemerkt werden, dass, wenn dies auch wohl für einige Fälle angenommen werden kann, doch sehr viele dagegen sprechen. Ueberhaupt ist sehr häufig das Atomvolumen einer Verbindung mit dem früheren Bestandtheile nicht übereinstimmend.

Anmerkung. Ausführliche Raisonsnements über diese Untersuchungen findet man in Poggendorff's Annalen.

§. 164. An diese Andeutungen über das Atomvolumen reiht sich noch die sogenannte Atomzahl Gmelin's. Gmelin bezeichnet nämlich mit Atomzahl den Quotienten aus der Division des Atomgewichts in das specifische Gewicht, und hält es für angemessen die Atomzahl anstatt der relativen Atomvolumina zu bestimmen. — Ist das specifische Gewicht der Körper in Beziehung auf Sauerstoff = 100 bestimmt, so ist leicht die Atomzahl zu erhalten; übrigens wird man bei denjenigen eine gleich grosse Atomzahl erhalten, die ein gleiches Atomvolumen haben. Es ist jedoch wohl schwer zu behaupten, dass die Bestimmung der Atomzahl für die Beziehung zwischen specifischem Gewichte und Atomgewichte einen wesentlichen Nutzen schafft.

Specifische Wärme der Atome.

Die specifische Wärme der Atome verdient hier deshalb Erwähnung zu finden, da, wie schon im physikalischen Theile angegeben, nach den Untersuchungen von Dulong und Petit sich ergab, dass die der Atome aller Elemente genau dieselbe sei, und die specifische Wärme daher zur Controle der auf andere Weise bestimmten Atomgewichte dienen konnte. Denn in Folge dieses Gesetzes muss das Product, welches man erhält, wenn man die specifische Wärme eines Elements mit seinem Atomgewicht multiplicirt, stets denselben Werth haben. Uebrigens hat Regnault nachgewiesen, dass dieses Gesetz nicht als allgemein geltend aufgestellt werden kann, sondern die Resultate seiner Untersuchungen sprechen sich dahin aus, dass die Atome der einfachen Stoffe nicht immer gleiche Wärmecapacität haben müssen, dass aber vielmehr die Wärmecapacitäten in einem einfachen Verhältniss zu den Atomen einfacher Körper stehen.

Ebenso auch stellte sich namentlich durch Regnault's Untersuchungen heraus, dass zusammengesetzten Atomen, aus einer gleichen Anzahl einfacher Atome bestehend, oder vielmehr Verbindungen von gleicher oder wenigstens ähnlicher Natur eine Gleichheit ihrer Wärmecapacität eigen ist, dass diese aber zwischen zusammengesetzten Atomen heterogener Beschaffenheit nicht stattfindet. (Von dem Verhältniss der specifischen Wärme zum Atomgewichte werden uns übrigens am besten die am Schluss befindlichen Tabellen überzeugen; über die Bestimmung der specifischen Wärme sehe man indessen den physikalischen Theil.)

Constitution chemischer Verbindungen.

Formeln der atomistischen Zusammensetzung.

Bevor wir uns mit der atomistischen Constitution chemischer Verbindungen beschäftigen, möchte es zweckmässig erscheinen, hier der Formeln zu gedenken, welche man benutzt, um die atomistische Zusammensetzung auf eine möglichst übersichtliche und anschauliche Weise durch symbolische Zeichen anzugeben, da wir uns bei der Behandlung der atomistischen Constitution solcher Formeln öfter bedienen müssen.

Diese Formeln werden durch die Zusammenstellung symbolischer Zeichen, wie sie den Elementen beigegeben wurden, gebildet; sie geben nicht allein die atomistische Zusammensetzung an, sondern versinnlichen auch, wie man sich die näheren und entfernteren Bestandtheile mit einander verbunden zu denken hat.

Um nun eine einfache Verbindung erster Ordnung rücksichtlich ihrer atomistischen Constitution zu bezeichnen, hängt man die Atomenzahl den symbolischen Zeichen entweder oben oder unten an, z. B. $\text{Hg}_2 \text{O}$ bezeichnet eine Verbindung, welche aus 2 Atomen Quecksilber und 1 Atom Sauerstoff besteht oder das Quecksilberoxydul; dagegen repräsentirt $\text{Al}_2 \text{O}_3$ eine Verbindung von 2 Atomen Aluminium und 3 Atomen Sauerstoff, oder die sogenannte Alaunerde. In solchen Fällen aber, wo nur ein Atom des einen Elementes mit einem Atom eines anderen verbunden ist, wird die Atomenzahl nicht besonders angegeben, sondern die Formel durch einfache Zusammenstellung der symbolischen Zeichen repräsentirt, z. B. die Formel Cu O bezeichnet das aus 1 At. Kupfer und 1 Atom Sauerstoff bestehende Kupferoxydul.

Sollen nun aber mehrere Atome einer solchen Verbindung durch eine Formel bezeichnet werden, so hat man diese Zahl vor die Formel zu setzen, z. B. zwei Atome Alaunerde sind $= 2 \text{Al}_2 \text{O}_3$, zwei Atome Schwefelsäure $= 2 \text{SO}_3$.

Ist in einer Verbindung, wie z. B. der Alaunerde, dem Eisenoxyd, dem Chromoxyd, das Radical zu zwei Atomen mit dem elektronegativen Stoff verbunden, so pflegt man auch wohl durch das symbolische Zeichen des Radicals einen Querstrich zu ziehen, z. B. statt $\text{Al}_2 - \text{Al}$, anstatt $\text{Fe}_2 - \text{Fe}$, anstatt $\text{Cr}_2 - \text{Cr}$ zu setzen. Diese Vereinfachung ist besonders für solche Stoffe zu empfehlen, die nur zu Doppelatomen Verbindungen eingehen. Will man sich nun noch einer weitem Abkürzung bedienen, so kann man auch, wie ebenfalls von Berzelius eingeführt wurde, die Sauerstoffatome durch Punkte über dem Radical angeben, so dass man die Alaunerde durch die Formel $\ddot{\text{Al}}$, die Schwefelsäure durch $\ddot{\text{S}}$ repräsentirt. Dieser Bezeichnungsweise gemäss würde man 2 Atome Schwefelsäure durch $\ddot{\text{S}}_2 = 2 \text{SO}_3$ und 2 Atome Alaunerde durch $\ddot{\text{Al}}_2 = 2 \text{Al}_2 \text{O}_3$ ausdrücken können. Ebenso hat auch Berzelius angegeben, dass

man die Atome des Schwefels in seinen Verbindungen, wo er als elektronegatives Element auftritt, durch kleine verticale Striche oder durch Kommata repräsentiren soll, wie z. B. Schwefeleisen durch

Fe. — In den Formeln der zusammengesetzten Verbindungen setzt man ebenfalls jedes Mal die elektropositiven Körper voran, und zwar werden für Verbindungen zweiter Ordnung, wie z. B. in Salzen, die Bestandtheile der Basis mit denen der Säure durch einen Punkt oder Komma, seltener durch ein + mit einander verbunden; dieses letztere Zeichen wendet man mehr bei den Verbindungen dritter Ordnung, den Doppelsalzen, an. Salpetersaures Natron drückt man daher entweder durch die Formel: Na O, N O₅ oder Na O. N₂ O₅ aus; schwefelsaures Kali durch die Formel KO, SO₃ oder KO. SO₃.

Jedoch kann man beide Formeln noch viel kürzer, und zwar erstere durch Na $\ddot{\text{N}}$ und letztere durch K $\ddot{\text{S}}$ ausdrücken.

Doppelsalze bezeichnet man dagegen, indem man die Bestandtheile der beiden einfachen Salze durch ein + mit einander verbindet, z. B. die Zusammensetzung des Alauns drückt man durch die Formel: Al₂ O₃. 3 SO₃ + KO. SO₃ + 24 Aq. oder H ebenso das Kalium-Quecksilberchlorid durch K Cl + Hg Cl aus.

Uebrigens kann man auch hier statt der Verbindung durch die Punkte ein + Zeichen anwenden, wobei jedoch zu beobachten ist, dass man die Formel der beiden einfachen Salze in Parenthese zu setzen hat; nach dieser Weise würde dann die Formel des Alauns so erscheinen: (Al₂ O₃ + 3 SO₃) + (KO + SO₃) + Aq.

Wird nun in einer solchen Formel vor die Parenthese noch eine grosse Zahl gesetzt, so bezieht sich diese auf die ganze Reihe von Zeichen, und man hat sich diese so viel mal, als die Zahl es angiebt, multiplicirt zu denken; man wird daher eine Verbindung, welche aus 2 Atomen Kalium-Eisencyanid und 3 Atomen Eisencyanid-Cyanür besteht, durch folgende Formel repräsentiren müssen: 2 (2 K € y + Fe € y) + 3 (2 Fe € y₃ + 3 Fe € y).

Man hat also in solchen Formeln wohl zu beachten, dass die Bedeutung der grossen Zahl sich von denen der kleinen insofern unterscheidet, dass jene erstere, wenn sie vor dem Zeichen steht, sich auf die zusammengesetzte Formel bezieht, während die kleinen Zahlen, welche oben an die rechte Seite eines Zeichens gesetzt sind, nur für dieses gelten.

Sollen endlich die verschiedenen Sättigungsgrade einer Säure und Basis durch Formeln ausgedrückt werden, so muss man diese in folgender Weise von einander unterscheiden:

z. B. Neutrales selensaures Kali = K $\ddot{\text{Se}}$

Zweifach „ „ = K $\ddot{\text{Se}}_2$

Dreifach chromsaures „ = K $\ddot{\text{Cr}}_3$

Vierfach tellursaures „ = K $\ddot{\text{Te}}_4$

Sechsfach borsaures „ = K $\ddot{\text{B}}_6$ u. s. w.

Für die basischen Salze nimmt man die verschiedenen Zeichen je nach dem Vorherrschen in folgender Weise an:

z. B. Neutrales salpetersaures Bleioxyd $= \text{Pb} \ddot{\text{N}}$.

Einfach basisches salpeters. „ $= \text{Pb}_2 \ddot{\text{N}}$ oder $\text{Pb} \ddot{\text{N}} + \text{Pb}$.

Zweifach „ „ „ $= \text{Pb}_3 \ddot{\text{N}}$ od. $\text{Pb} \ddot{\text{N}} + 2 \text{Pb}$.

Fünffach „ „ „ $= \text{Pb}_6 \ddot{\text{N}}$ oder $\text{Pb} \ddot{\text{N}}$.

§. 466. Um nun aber einen noch anschaulicheren Ueberblick über die Formeln der unorganischen Verbindungen zu haben, möchte es nicht überflüssig erscheinen, wenn wir eine schematische Zusammenstellung derselben in einer Reihenfolge von den einfacheren bis zu den zusammengesetzteren geben.

a) Atomistische Formeln der Verbindungen erster Ordnung:

z. B. $\text{K O} = 1$ Atom Kaliumoxyd.

$\text{Fe}_2 \text{O}_3 = 1$ Atom Eisenoxyd.

$2 \text{K O} = 2$ Atome Kali.

$\ddot{\text{Mn}} = 1$ Atom Manganhypoxyd

$\ddot{\text{Mn}} = 1$ Atom Mangansäure.

$\ddot{\text{Mn}} = 1$ Atom Manganoxyd.

$\ddot{\text{Sb}} = 1$ Atom Antimonoxyd.

As O_5 oder $\ddot{\text{As}} = 1$ Atom Arseniksäure.

MoS_4 oder $\ddot{\text{Mo}} = 1$ Atom Molybdänsupersulfid,

MoS_2 oder $\ddot{\text{Mo}} = 1$ Atom Molybdänbisulfuret.

PbS oder $\dot{\text{Pb}} = 1$ Atom Bleisulfuret.

$\ddot{\text{K}}$ oder $\text{KS}_5 = 1$ Atom Fünffach-Schwefelkalium.

$\text{K Cl} = 1$ Atom Chlorkalium.

$\text{Pb Br} = 1$ Atom Bromblei.

b) Formeln der Verbindungen zweiter Ordnung:

z. B. Na O. SO_3 oder $\text{Na O, SO}_3 = 1$ At. schwefelsaures Natron.

Pb O. CO_2 oder $\text{Pb O, CO}_2 = 1$ At. kohlensaures Bleioxyd.

$\text{Hg}_2 \text{O, SO}_3$ od. $\dot{\text{Hg}} \ddot{\text{S}} = 1$ At. schwefels. Quecksilberoxydul.

$\text{K Cl} + \text{Pl Cl}_2 = 1$ Atom Kaliumplatinchlorchlorid.

Zn O, SO_3 oder $\dot{\text{Zn}} \ddot{\text{S}} = 1$ Atom schwefelsaures Zinkoxyd.

$3 \text{K Cy} + \text{Fe Cy}_3 = 1$ Atom Kaliumeisencyanid.

c) Formeln der Verbindungen dritter Ordnung:

z. B. $(\text{Al}_2 \text{O}_3 + 3 \text{SO}_3) + (\text{K O} + \text{SO}_3)$ oder $\ddot{\text{K}} \ddot{\text{S}} + \ddot{\text{Al}} \ddot{\text{S}}_3 =$
Schwefelsaure Kali = Thonerde oder Alaun.

$\text{K O. SO}_3 + \text{Fe}_2 \text{O}_3. \text{SO}_3$ oder $\ddot{\text{K}} \ddot{\text{S}} + \ddot{\text{Fe}} \ddot{\text{S}}_3 =$ schwefel-
saures Kali-Eisenoxyd.

$2 \ddot{\text{K}} \ddot{\text{S}} + \ddot{\text{Fe}} \ddot{\text{S}}_2 =$ schwefelsaures Kali und halb-basisch-schwefelsaures Eisenoxyd.

$(2 \text{K} \text{Cy} + \text{Fe} \text{Cy}) + (2 \text{Mn} \text{Cy} + \text{Fe} \text{Cy}) =$ Kalium-Eisencyanür mit Mangan-Eisencyanür.

Verschiedene Sättigungsgrade einer Säure und einer Basis:

1 Atom antimonsaures Kali $= \ddot{\text{K}} \ddot{\text{Sb}}$.

1 „ antimonigsaures Kali $= \ddot{\text{K}} \ddot{\text{Sb}}$.

1 „ übermangansaures Kali $= \ddot{\text{K}} \ddot{\text{Mn}}$.

1 „ kohlen-saures Natron $= \ddot{\text{Na}} \ddot{\text{C}}$. Anderthalb kohlen-saures

Natron $= \ddot{\text{Na}}_2 \ddot{\text{C}}_3$.

1 „ zweifach-kohlen-saures Natron $= \ddot{\text{Na}} \ddot{\text{C}}_2$.

1 „ dreifach-jodsaures Kali $= \ddot{\text{K}} \ddot{\text{I}}_3$.

1 „ vierfach-tellursaures Kali $= \ddot{\text{K}} \ddot{\text{Te}}_4$.

1 „ sechsfach-borsaures Kali $= \ddot{\text{K}} \ddot{\text{B}}_6$.

1 „ neutrales salpetersaures Wismuthoxyd $= \ddot{\text{Bi}} \ddot{\text{N}}_3$.

1 „ einfach-basis. salpeters. „ $= \ddot{\text{Bi}}_2 \ddot{\text{N}}_3$ oder $\ddot{\text{Bi}} \ddot{\text{N}}_3 + \ddot{\text{Bi}}$.

1 „ zweifach-basisches „ „ $= \ddot{\text{Bi}} \ddot{\text{N}}_3 + 2 \ddot{\text{Bi}}$.

1 „ dreifach-basisches „ „ $= \ddot{\text{Bi}}_4 \ddot{\text{N}}$.

1 „ acetylsaures Bleioxyd $= \ddot{\text{Pb}} \ddot{\text{Ac}}$.

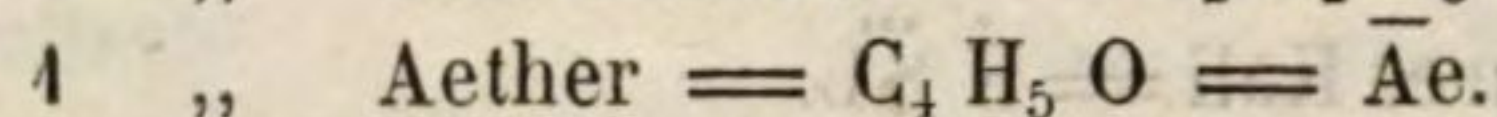
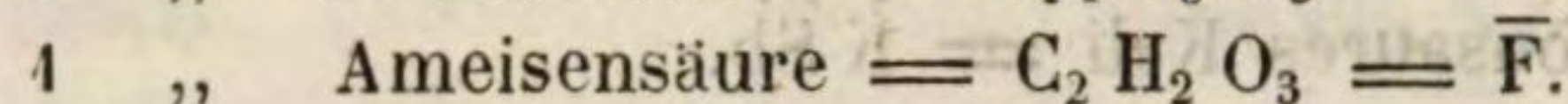
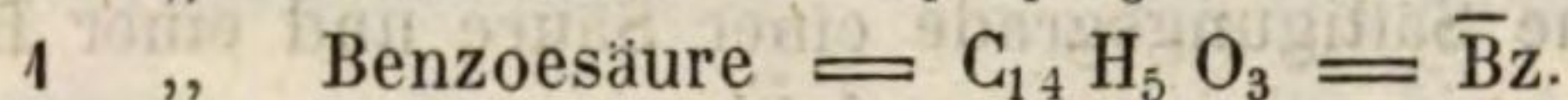
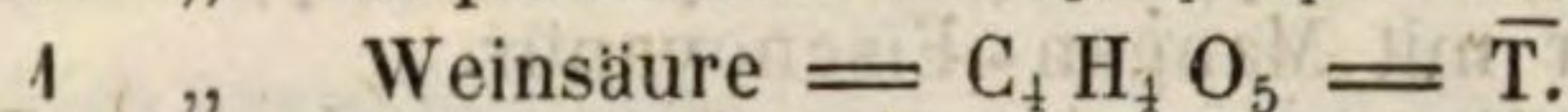
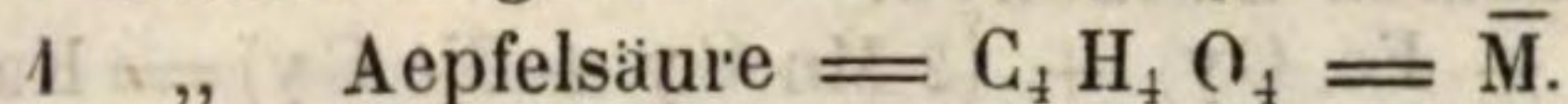
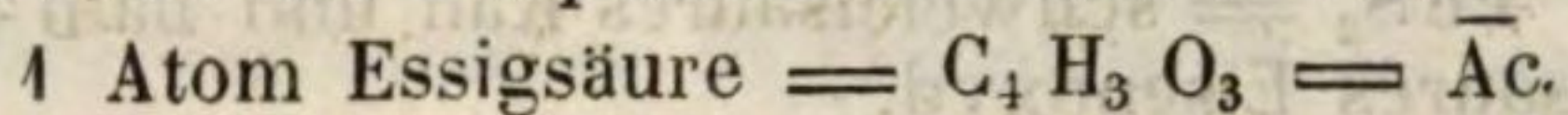
1 „ basisches acetylsaures Bleioxyd $= 2 \ddot{\text{Pb}} \ddot{\text{Ac}}$.

1 „ zweifach-basisch-acetylsaures Bleioxyd $= \ddot{\text{Pb}}_3 \ddot{\text{Ac}}$ (= Drittel acetylsaures Bleioxyd.)

1 „ fünffach-basisch-acetylsaures Bleioxyd $= \ddot{\text{Pb}}_6 \ddot{\text{Ac}}$ (= Sechstel acetyls. Bleioxyd.)

§. 467. So wie man für die Elemente als symbolische Zeichen der lateinischen Anfangsbuchstaben benutzt, bezeichnete man auch die zusammengesetzten organischen Radicale durch ihre Anfangsbuchstaben, z. B. für Cyan $= \text{Cy}$, für Aethyl $= \text{Ae}$, für Methyl $= \text{Me}$ u. s. w. Die organischen Säuren repräsentirt man grösstentheils durch die Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Benennungen, indem man über dieselben einen Strich macht, z. B. Weinsäure oder Tartrylsäure durch $\overline{\text{T}}$, Essigsäure oder Acetylsäure durch $\overline{\text{Ac}}$, Aepfelsäure durch $\overline{\text{M}}$ u. s. w. Die organischen Salzbasen pflegt man dagegen durch die Anfangsbuchstaben mit einem darüber versehenen $+$ symbolisch auszudrücken, z. B. Strychnin $= \overset{+}{\text{Str}}$, Chinin $= \overset{+}{\text{Ch}}$, Morphem $= \overset{+}{\text{Mo}}$. Diese symbolischen Zeichen repräsentiren aber nur eine empirische Formel, durch die uns nur eine Zusammenstellung der Elemente nebst ihrer relativen Atomenzahl gegeben wird.

So ist z. B. die empirische Formel von



Von den empirischen Formeln haben wir die rationelle zu unterscheiden, welche uns ein Bild der wahrscheinlichen Constitution liefert, indem wir sie als binäre Verbindungen aufführen. Während uns die für die Essigsäure angegebene Formel nur anzeigt, dass diese aus Kohlenstoff und Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt ist, so wird uns die rationelle Formel $\text{C}_4 \text{H}_3 + \text{O}_3$ andeuten, dass der Sauerstoff als negatives Element mit einem zusammengesetzten Radical Acetyl ($\text{C}_4 \text{H}_3$) verbunden ist, so dass das symbolische Zeichen für Essigsäure der rationellen Formel angemessen $= \ddot{\text{Ac}}$ ist. Ferner ist z. B. die rationelle Formel des Aethers $= \text{C}_4 \text{H}_5 + \text{O} = \text{Ae}$, da wir denselben als ein Oxyd eines zusammengesetzten Radicals, des Aethyls ($\text{C}_5 \text{H}_5$), betrachten.

Die chemischen Formeln sind für die Theorie von ausserordentlicher Wichtigkeit, wenn wir uns eine Vorstellung von der atomistischen Constitution der Verbindungen machen wollen, wovon wir uns gleich überzeugen werden; ausserdem sind sie aber für die chemischen Berechnungen unerlässlich nothwendig. Von der Bildung der chemischen (empirischen und rationellen) Formeln kann übrigens erst im mathematischen Theile die Rede sein.

Atomistische Constitution.

§. 468. Es ist nicht zu läugnen, dass, da die Existenz der Atome nur eine Hypothese ist, ebenso auch die Annahme über die gegenseitige Stellung der Atome oder die atomistische Constitution der Verbindungen nur als hypothetisch betrachtet werden darf. Man würde daher wohl nicht mit Unrecht fragen können, warum denn diese Hypothese beibehalten? Indessen lässt sich diese Hypothese bis jetzt noch nicht vermeiden, weil sie uns zu manchen glänzenden Resultaten in der Chemie führt. Da wir uns aber keinen richtigen Begriff von einzelnen Atomen machen können, so wird es auch schwierig sein, uns eine richtige Vorstellung von der Anordnung der Atome in den Verbindungen zu machen. Fragen wir uns, wie wir uns die einfachen Atome mit einander oder zu zusammengesetzten Atomen verbunden zu denken haben, so werden wir uns darüber keine genügende Antwort geben können. Wenn wir aber die Annahme der Atome, die wir nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft, namentlich der organischen Chemie nicht entbehren können, gelten lassen, so

müssen wir uns eine bestimmte Vorstellung von der Anordnung der Atome zu machen suchen. Bei einer Verbindung aus zwei heterogenen Atomen, wie z. B. beim Natriumoxyd, welches aus 1 Atom Natrium und 1 Atom Sauerstoff besteht, ist diese Vorstellung nun freilich sehr einfach, aber bei Verbindungen, in denen sich die verschiedenen Stoffe zu mehreren kleinen Atomen verbinden, wird die Veranlassung einer mehrfachen theoretischen Betrachtung über die Anordnung der Atome gegeben, so dass sich immer mehrere Hypothesen über die Constitution aufstellen lassen. Wir würden uns z. B. die Uebermangansäure auch aus der Mangansäure (MnO_3) + Sauerstoff, d. h. aus $\text{MnO}_3 + \text{O}_4$, oder aus Manganoxydul + Sauerstoff $= 2\text{MO} + \text{O}_5$ bestehend, denken können, während allgemein angenommen wird, dass ihre rationelle Formel $= \text{MnO}_7$ ist. Ebenso würden wir uns auch das Manganhyperoxyd aus Manganoxydul oder $\text{MnO} + \text{O}$ constituirt vorstellen können, wiewohl dasselbe rücksichtlich seiner atomistischen Constitution durch die Formel MnO_2 repräsentirt wird. Um so mehr könnten wir uns zu jener Vorstellung berechtigt finden, da das Manganhyperoxyd beim Erhitzen oder vielmehr durch zersetzende Einflüsse in Manganoxydul und Sauerstoff zerfällt. Auch die Phosphorsäure würden wir ja recht gut aus einer niedrigen Oxydationsstufe, z. B. der phosphorigen Säure mit zwei Atomen Sauerstoff bestehend, annehmen können, und uns ihre atomistische Formel so bilden, dass wir $\text{PO}_3 + \text{O}_2$ hätten, während man allgemein die Formel für die Phosphorsäure $= \text{PO}_5$ setzt. Aehnliches könnten wir von der Schwefelsäure und Salpetersäure sagen, indem wir nur die erste, welcher die Formel SO_3 zukommt, nach der Formel $\text{SO}_2 + \text{O}$ (schweflige Säure + 1 Atom Sauerstoff) angeordnet, und die letztere nach der Formel $\text{N}_2\text{O}_2 + \text{O}_3$ (Stickstoffoxyd + 3 Atome Sauerstoff) oder nach der Formel N_2O_3 (salpetrige Säure + 2 Atome Sauerstoff), obgleich man sie sich aus 2 Atomen Stickstoff und 5 Atomen Sauerstoff constituirt denkt, weshalb man ihr die Formel N_2O_5 giebt. Wenn wir uns nun die Anordnung der Atome wirklich nach jener Weise dächten, so würden wir die Säuren als Oxyde zusammengesetzter Körper ansehen müssen, welches wahrlich nicht so fern liegt, denn das Cyan und die übrigen zusammengesetzten Radicale bilden ja auch mit dem Sauerstoff Säuren oder Oxyde. Der Essigsäure geben wir die rationelle Formel $\text{C}_4\text{H}_3 + \text{O}_3$, sie besteht also aus dem zusammengesetzten Radical, den Acetyl und Sauerstoff.

Ebenso könnte man sich auch berechtigt fühlen, das Kohlenoxyd (CO), wie es ja auch von manchen Chemikern geschehen ist, als das Radical der Kohlensäure und Oxalsäure zu betrachten, so dass die gewöhnlichen Formeln dieser beiden Säuren CO_2 und C_2O_3 in folgender Weise umgeändert werden müssten: $\text{CO} + \text{O} = \text{Kohlensäure}$ und $2\text{CO} + \text{O}$ oder $\text{CO} + \text{CO}_2 = \text{Oxalsäure}$. Wörtlich ausgesprochen würden wir dann die Kohlensäure aus Kohlenoxyd + Sauerstoff zusammengesetzt und die Oxalsäure aus 2 Atomen Kohlenoxyd + Sauerstoff oder Kohlenoxyd + Kohlensäure consti-

tuirt zu denken haben. Wenn dieses aber angenommen werden kann, so wird man auch in der Schwefelsäure ein zusammengesetztes Radical nicht für unwahrscheinlich halten dürfen, indem wir dieses als SO_2 (schweflige Säure) denken, welches mit Sauerstoff die Schwefelsäure $\text{SO}_2 + \text{O}$ giebt, und uns vorstellen, dass in dieser Verbindung das eine Atom Sauerstoff durch 4 Atom oder Aequivalent Schwefel ersetzt werden könne, so dass auf diese Weise unterschweflige Säure $= \text{SO}_2 + \text{S}$ entsteht, oder wie Chemiker auch annehmen, dass z. B. der Schwefel durch 4 Aequivalent Stickstoffoxyd N_2O_2 ersetzt werde, wodurch dann die sogenannte Nitroschwefelsäure $\text{SO}_2 + \text{N}_2\text{O}_2$ entsteht.

§. 169. Die Sauerstoffsäuren und Wasserstoffsäuren sind in ihren Eigenschaften sehr ähnlich, aber der allgemeinen Vorstellung gemäss unterscheiden sie sich rücksichtlich ihrer Constitution, wie schon aus unserm früheren Raisonement über die Classification der chemischen Verbindungen hervorgeht. In den Sauerstoffsäuren spielt bekanntlich der Sauerstoff die Rolle eines elektronegativen Elements, des sogenannten Zünders, in den Wasserstoffsäuren dagegen spielt der Wasserstoff die entgegengesetzte Rolle des Sauerstoffs, nämlich die des Radicals oder elektropositiven Elements, und einer der Salzbilder die elektronegative Rolle oder die des Zünders, weshalb auch den Sauerstoffsäuren gegenüber, streng wissenschaftlich genommen, die Wasserstoffsäuren eigentlich Halogensäuren genannt werden sollten.

Die Sauerstoffsäuren bilden, wie ausführlich besprochen, mit den Basen Sauerstoffsalze, und die Wasserstoffsäuren mit denselben Haloidsalze, indem der Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Basis sich zu Wasser verbindet, und der Salzbilder mit dem Radical derselben ein binäres oder Haloidsalz hervorbringt. Nach unserer gewöhnlichen Vorstellung sind die häufiger vorkommenden Sauerstoffsäuren auf folgende Art constituirt:

Schwefelsäure $= \text{SO}_3$.

Salpetersäure $= \text{NO}_5$ oder (N_2O_5) .

Phosphorsäure $= \text{PO}_5$ oder (P_2O_5)

Sie sind also aus einer bestimmten Atomenzahl oder aus Aequivalenten des Radicals mit denen des Sauerstoffs zusammengesetzt. Die Wasserstoffsäuren dagegen sind auf eine ganz andere Weise zusammengesetzt, z. B.:

Chlorwasserstoffsäure $= \text{HCl}$ oder ClH .

Jodwasserstoffsäure $= \text{HI}$ oder JH .

Bromwasserstoffsäure $= \text{HBr}$ oder BrH .

Bilden nun die hier aufgeführten Säuren beider Classen mit Basen Salze, so denken wir uns die Constitution derselben wie folgt:

Schwefelsäure SO_3 { Schwefelsaures Kali $\text{SO}_3 + \text{KO}$.

Kaliumoxyd KO

Salpetersäure NO_5 {

Bariumoxyd BaO { Salpetersaurer Baryt oder $\text{NO}_5 + \text{BaO}$.

Phosphorsäure P O_5 { Wasserfreies phosphorsaures Natron $\text{PO}_5 +$
 Natriumoxyd 2Na O } 2Na O .

Chlorwasserstoffsäure { Cl }
 Cl H { H } Chlornatrium.
 Natriumoxyd { Na }
 Na O { O } Wasser.

Chlornatrium Na Cl und Wasser H O .

Auf dieselbe Weise vereinigen sich die Jodwasserstoffsäure und Bromwasserstoffsäure mit Metalloxyden zu binären Salzen oder Verbindungen erster Ordnung und Wasser.

§. 170. Fragen wir uns nun, ob diese Vorstellung von der Constitution der Säuren die einzige ist, so müssen wir uns antworten, dass wir uns ihre Constitution auch auf eine andere Weise denken können, und dieses ist geschehen, wiewohl jene die allgemein herrschende Ansicht ist. Während Lavoisier nur die Existenz der Sauerstoffsäuren kannte, behauptete Davy, welcher überhaupt die Entdeckung der Wasserstoffsäuren beförderte, dass es nur solche gäbe, indem er auch die Sauerstoffsäuren als Wasserstoffsäuren betrachtete, wodurch natürlich dann jedenfalls eine Umänderung jener für die Sauerstoffsäuren angegebenen Formeln hervorgerufen wird.

Dieser Ansicht zufolge dürfen die wasserfreien Säuren, wie z. B. die wasserfreie Schwefelsäure, Jodsäure, Kohlensäure u. s. w. nicht als Säuren betrachtet werden, weil zu ihrer Verbindung mit wasserfreien Basen das Hinzutreten von Wasser oder eine höhere Temperatur erforderlich ist. Nur die wasserhaltigen Säuren oder die Hydrate sind eigentliche Säuren, und zwar hat man diese nicht als Hydrate nach der allgemeinen Formel $\text{RO} + \text{HO}$ zu denken, sondern als ein Oxyd des Radicals, welches, mit Wasserstoff verbunden, eine Wasserstoffsäure bildet, in welcher der Wasserstoff durch ein Metall ersetzt werden kann, so dass die allgemeine Formel in folgender Weise umgeändert werden müsste: $\text{RO} + \text{H}$. Wir würden also z. B. das Schwefelsäurehydrat nicht als ein solches, sondern als eine Wasserstoffsäure und zwar gleich den übrigen von uns gewöhnlich als Wasserstoffsäuren aufgeführten als binäre Verbindung zu betrachten haben; ihr würde dann auch die Formel $\text{SO}_4 + \text{H}$ gebühren, und wenn dies nach Davy's Ansicht für alle Hydrate gelten soll, so hätten wir natürlich nicht zwei Classen von Säuren zu unterscheiden, sondern würden vielmehr nur Säuren kennen, die binäre Verbindungen sind, welche aus einem einfachen oder zusammengesetzten Radical und Wasserstoff bestehen.

Die gewöhnlich als Säurehydrate aufgeführten Säuren würden demnach eine besondere Abtheilung, nämlich die der Wasserstoffsäuren mit zusammengesetztem Radical ausmachen, während die gewöhnlichen Wasserstoffsäuren als Säuren mit einfachem Radical betrachtet werden müssten; jene würden also nach dieser Vorstellung von der Constitution auch mit den organischen Säuren

zusammenfallen, wiewohl man doch eigentlich die Schwefelsäure rücksichtlich ihrer Constitution keineswegs mit der Cyanwasserstoffsäure in eine Kategorie bringen kann.

Um nun auch die verschiedenen Stufen eines solchen zusammengesetzten Radicals deutlich vorzuführen, und die Constitution dieser Säuren augenscheinlicher zu machen, wollen wir das Radical des Schwefelsäurehydrats zu Grunde legen und die Verbindungen dieses Radicals hier folgen lassen, zugleich aber auch die gewöhnlich angenommene Constitution nach der älteren Ansicht daneben stellen.

Stufen der wasserhaltigen Schwefelsäure (als Wasserstoffsäure betrachtet.) Constitution nach der gewöhnlichen Ansicht als Sauerstoffsäure + Wasser.

$\text{SO}_3 + \text{H} =$ schweflige Säure. $\text{SO}_2 + \text{HO}.$

$\text{SO}_4 + \text{H} =$ Schwefelsäure. $\text{SO}_3 + \text{HO}.$

$\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H} =$ unterschwefl. Säure. $\text{S}_2\text{O}_2 + \text{HO}.$

$\text{S}_2\text{O}_6 + \text{H} =$ Unterschweifelsäure. $\text{S}_2\text{O}_5 + \text{HO}.$

§. 174. Wenn man nun nach dieser neuen Theorie in den Hydraten der Sauerstoffsäuren ein zusammengesetztes Radical annimmt, so muss natürlich dasselbe auch bei chemischen Prozessen die Stelle eines einfachen Radicals einer Wasserstoffsäure, welche etwa durch eine starke Säure, wie z. B. die Schwefelsäure aus ihrer Verbindung verdrängt wird, ersetzen, z. B. in der Formel Cl H würde Cl durch SO^4 substituirt werden können. Geht aber nun z. B. die Schwefelsäure, aus einem zusammengesetzten Radical und Wasserstoff bestehend gedacht, mit einer Basis eine Verbindung ein, so muss natürlich ein binäres Salz gebildet werden, indem der Wasserstoff der Schwefelsäure mit dem Sauerstoff der Basis Wasser bildet und das zusammengesetzte Radical mit dem an die Stelle des Wasserstoffs getretenen Metall der Basis ein Salz bildet, welches natürlich dann kein Amphidsalz, sondern nur ein Haloidsalz sein würde, woraus folgte, dass es keine Amphid-, sondern nur Haloidsalze gäbe. Die Formel des schwefelsauren Kali würde daher nicht, wie angegeben, $\text{SO}_3 + \text{KO}$ sein, sondern $\text{SO}_4 + \text{K}$ heissen müssen; ebenso würde die Formel des salpetersauren Natron anstatt $\text{NaO}_5 + \text{NaO}$, $\text{NO}_6 + \text{Na}$, die des schwefelsauren Bleioxyds nicht $\text{SO}_3 + \text{PbO}$, sondern $\text{SO}_4 + \text{Pb}$ lauten. Sämmtliche Säuren und Salze sind also nach dieser Theorie als binäre Verbindungen zu betrachten, und es ist daher unter ihnen rücksichtlich ihrer Constitution kein Unterschied zu machen; man hat daher auch diese Theorie als die Binar-Theorie benannt.

Gleichwohl ist nach derselben den Verbindungen eine andere Nomenclatur beigelegt, indem man den Radicalen der Säurehydrate die Endung „an“ anhängt, so dass das Radical der Schwefelsäure $= \text{SO}_4$ „Sulfan“, das der Salpetersäure $= \text{N}_2\text{O}_6$ „Niträn“, die Schwefelsäure $= \text{SO}_4 + \text{H}$ ein Wasserstoffsulfanid, das schwefelsaure Kali $= \text{SO}_4 + \text{K}$ Kaliumsulfanid genannt wird. Die Verbindungen dieser Radicale mit den Metallen sowohl, als mit

dem Wasserstoff bezeichnet man nämlich als Sulfanide, Nitranide u. s. w. Die Chlorwasserstoffsäure ist hiernach ebenso gut als ein Chlorür des Wasserstoffs zu betrachten, wie das Chlor-natrium ein Chlorür genannt wird, und man wird daher mit Recht die Chlorwasserstoffsäure ein Wasserstoffchlorür nennen können, wie man das letzt genannte Salz Natriumchlorür nennt.

§. 172. Wendet man nun diese Theorie der binären Verbindungen auf die Constitution der Phosphorsäure an, so ist man genöthigt, in jeder der drei verschiedenen Modificationen der Phosphorsäure und Phosphorsäure-Salze ein besonderes Radical anzunehmen, welches mit dem Wasserstoff oder mit einem Metall verbunden ist, so dass die Formeln der uns bekannten Phosphorsäurehydrate ganz anders ausfallen würden, da natürlich in einer und derselben Säure je nach ihrer Verbindung drei verschiedene Radicale vorauszusetzen sind.

Wir hätten also uns die Constitution der gewöhnlichen Phosphorsäure (der dreibasischen Phosphorsäure oder des c Phosphorsäurehydrates) nicht nach der Formel $\text{PO}_5 + 3 \text{HO}$ oder $\text{P}_2 \text{O}_5 + 3 \text{HO}$, sondern nach der Formel $\text{PO}_8 + \text{H}_3$ oder $\text{P}_2 \text{O}_8 + \text{H}_6$ vorzustellen. Ebenso würde die der Pyrophosphorsäure (der zweibasischen Phosphorsäure oder des b Phosphorsäurehydrates) nicht $\text{PO}_5 + 2 \text{HO}$ oder $\text{P}_2 \text{O}_5$ lauten, sondern $\text{PO}_7 + \text{H}_2$ oder $\text{P}_2 \text{O}_7 + \text{H}_4$ heißen müssen, und endlich die der Metaphosphorsäure (der einbasischen Phosphorsäure oder des a Phosphorsäurehydrates) statt $\text{PO}_5 + \text{HO}$ oder $\text{P}_2 \text{O}_5 + \text{HO}$ in $\text{PO}_6 + \text{H}$ oder $\text{P}_2 \text{O}_6 + \text{H}_2$ umzuändern sein.

Diese ein-, zwei- und dreibasischen Phosphorsäuren sind also als Verbindungen hypothetischer Radicale mit verschiedenen Aequivalenten Wasserstoffs zu betrachten.

Wir sehen hieraus eine sehr wesentliche Umänderung in der Constitution dieser Körper, welche, wenn sie auch nach unserer gewöhnlichen Vorstellung verschieden von einander sind, doch wieder eine gewisse Analogie zeigen, indem sie leicht in einander übergehen. Es befremdet uns daher um so mehr, wenn wir in ihnen drei verschiedene zusammengesetzte Radicale annehmen sollen, wenn wir in den Salzen der Phosphorsäure die Basis ihres Sauerstoffs beraubt sehen, und also kein Metalloxyd, wie gewöhnlich angenommen wird, an die Stelle des im Phosphorsäurehydrate enthaltenen Wassers tritt, sondern ein Metall durch den mit dem Radical verbundenen Wasserstoff ersetzt wird.

Ob nun aber der Nutzen von dem Aufbau einer solchen Theorie in einem richtigen Verhältniss zu den wesentlichen Umänderungen steht, die sie in der Constitution der Verbindungen verlangt, ist wohl schwerlich zu behaupten. Allerdings hat diese Theorie Manches für sich, indem sie das System der chemischen Verbindungen und die Erklärung mancher Processe vereinfacht, denn sie sucht Aehnlichkeiten zwischen Säuren und Salzen zu begründen, indem sie beide als binäre Verbindungen betrachtet, wodurch natürlich die Zersetzungen der gewöhnlichen Sauerstoffsäuren vermittelst der Metalle ebenso erklärt würden, als die der Wasser-

stoffsäuren; denn der Wasserstoff wird dann bei beiden substituirt. Auf der andern Seite aber wird die Zahl der hypothetischen Radicale noch bedeutend vermehrt, da wir eine grosse Reihe von Salzradicalen annehmen müssen, die nicht isolirbar sind, wiewohl nach unserer gewöhnlichen Ansicht die Annahme der Existenz von manchen wasserfreien Säuren, wie z. B. der wasserfreien Salpetersäure und Unterschwefelsäure, ebenfalls rein hypothetisch ist. Vor Allem aber scheint der Constitution der Phosphorsäure die Binartheorie sich nicht anpassen zu lassen, da in den verschiedenen Modificationen derselben drei verschiedene zusammengesetzte dem Wasserstoff verbundene Radicale angenommen werden müssen, mag auch immerhin die Existenz solcher Radicale nicht unwahrscheinlich sein. Dennoch sollten diese Radicale leichter aufgefunden werden, als die der organischen Verbindungen, da diese wegen ihrer zusammengesetzten Natur leichter zersetzbar sind. So viel steht aber überhaupt fest, dass, wenn eine neue Theorie aufgestellt wird, die ebenso viele Hypothesen enthält, als die herrschende damit durchwebt ist, der Wissenschaft jedenfalls ein solcher Umsturz wenig nützt, und man hat daher auch vorgezogen, diese neue Theorie nicht in Anwendung zu bringen.

§. 173. Dieser neuen Theorie zufolge würde die Sättigungscapacität einer Säure nicht von ihrem Gehalt an Sauerstoff abhängen, sondern der Quantität des mit dem Radical verbundenen Wasserstoffs unterworfen sein. Es würde also auch von der Trennung eines Salzes in Säure und Basis keine Rede sein können, denn ein neutrales Salz muss ja nach dieser Theorie aus dem Radical der Wasserstoffsäure und dem an die Stelle des Wasserstoffs getretenen Metall bestehen. Da aber für die Trennung der Salze in Säure und Basis die Analyse spricht, und diese mit der Synthesis übereinstimmt, so ist schon aus diesem Grunde der Begriff von Salz, wie wir ihn früher definirt haben, der richtigere. Dass wir ein Salz entweder aus einer Basis und einer Säure, oder aus einem elektropositiven Element und einem Salzbildner bestehend betrachten dürfen, dafür spricht die Erfahrung, denn ein Salz lässt sich in seine Bestandtheile zerlegen. Ausserdem lassen sich aber nach der hieraus hervorgegangenen Theorie die am häufigsten vorkommenden Erscheinungen der Zusammensetzung und Zerlegung erklären. Sie ist namentlich auch deshalb als durchgreifender und consequenter zu betrachten, da sie sich mit der Bildung von basischen Salzen und überhaupt complicirten Salzbildungen verträgt.

§. 174. Sehr wesentlich für die Vorstellung von der Constitution der Salze ist die Eigenthümlichkeit mancher Säuren, sich rücksichtlich ihrer Sättigungscapacität auf eine aussergewöhnliche Weise zu verhalten, indem dadurch Veranlassung gegeben wird, manche Modificationen derselben und manche Gruppen von Sauerstoffsalzen zu unterscheiden, die dieses eigenthümliche Sättigungsvermögen bedingt. Die häufig vorkommenden unorganischen Säuren enthalten in ihren neutralen Salzen ein Aequivalent oder Atom Basis, indem sie nur das Sättigungsvermögen in sich tragen,

ein Aequivalent Basis zu neutralisiren. Die Phosphorsäure macht jedoch eine Ausnahme, indem sie als gewöhnliches Phosphorsäurehydrat (dreibasische Phosphorsäure) in ihren Salzen 3 Aequivalente Basis enthält, und also im Stande ist, 3 Aequivalente oder Atome Basis zu sättigen; jedoch können auch 1 Atom oder 2 Atome der Basis durch 1 oder 2 Atome Wasser ersetzt sein, so dass ein phosphorsaures Salz 3 Aequivalente Basis, oder 2 Aequivalente Basis und 1 Atom Wasser, und endlich 1 Atom Basis und 2 Atome Wasser enthalten können. Sind alle 3 Aequivalente Basis durch 3 Atome Wasser ersetzt, so hat man das Phosphorsäurehydrat. Die Pyrophosphorsäure hat die Eigenschaft nur 2 Atome Basis zu sättigen und enthält daher in ihren Salzen auch 2 Aequivalente derselben, von denen das eine durch Wasser ersetzt sein kann. Man hat also dieser Eigenthümlichkeit zufolge, welche man auch an der Arsensäure beobachtet hat (denn 1 Aequivalent Arsensäure sättigt auch 3 Aequivalente Base), also einbasische, zweibasische und dreibasische Säuren und Salze zu unterscheiden. Diese besondere Eigenschaft des verschiedenen Sättigungsvermögens leitet man von dem verschiedenen Gehalt an Wasser oder nach der neuern Theorie von dem verschiedenen Gehalt an Wasserstoff her.

Constitution organischer Verbindungen.

§. 175. Je complicirter die Verbindungen, desto mannichfacher kann die Vorstellung von ihrer atomistischen Constitution sein, da sie überhaupt einen hypothetischen Charakter in sich trägt. Bietet sie für die einfachen zusammengesetzten unorganischen Verbindungen keinen festen Anhaltspunkt, so gestattet die zusammengesetzte Natur der organischen Verbindungen noch eine verschiedenartigere Deutung, und wir haben auch bereits besprochen, dass sich verschiedene Theorien über die organischen Verbindungen gebildet haben.

Jedoch ist so wohl durch die Isolirung mehrerer der hypothetisch angenommenen Radicale als auch durch die Analogien, welche sich zwischen den Verbindungen derselben und denen der unorganischen Radicale ziehen lassen, bereits die Bahn gebrochen, um mehr Licht über die Bildungsweise der organischen Verbindungen zu erhalten. Kannte man auch früher noch keine isolirten Radicale, so war doch die Annahme ihrer Existenz aus manchen Verbindungen organischer Körper mit unorganischen zu schliessen, denn die Erfahrung lehrt uns, dass diese sich als Säuren und als Basen mit jenen verbinden, denn dies lehren uns z. B. die Aethyl-, Amyl-, Benzoyl-, Kakodyl- und Methylverbindungen, wiewohl nun die Annahme durch die Isolirung des Aethyls, Methyls, Amyls und Kakodyls mehr zur Wahrheit geworden ist.

Diese organischen Radicale, wenn auch wegen ihrer complicirten Natur erst in geringer Anzahl abgeschieden, liefern uns die näheren Bestandtheile der organischen Körper, geben uns vollkommnere Analogien zwischen den organischen und unorganischen

Verbindungen, Veranlassung zur Annahme elektrischer Polarität zwischen den Oxyden und lassen uns die Erweiterung und Befestigung der schönen Theorie erwarten, welche uns ein herrliches, vereinfachtes System der organischen Verbindungen zu liefern beginnt.

Betrachten wir die Verbindungen des Aethyls $C_4 H_5$, welches wir nun nach dessen Isolirung unbefangen als das Radical der Aether und Alkohole annehmen dürfen, so zeigen sich so viele Analogien unter den Verbindungen dieses Kohlenwasserstoffs mit den Verbindungen eines metallischen elektropositiven Radicals, dass selbst die frühere Hypothese der Existenz eines solchen Radicals dadurch gerechtfertigt werden kann.

Führen wir uns nun solche Verbindungen vor, so werden wir uns leicht überzeugen, wie diese auch dem Systeme der unorganischen Verbindungen sich anpassen lassen.

Die theoretische Betrachtungsweise sowohl, als auch ihre Benennung sind einfacher und wissenschaftlicher, als früher, wenn wir diesen Kohlenwasserstoff als Radical zu Grunde legen, und wir kommen auch dadurch einem Systeme näher.

Nehmen wir also das Aethyl ($C_4 H_5$) als das Radical der Aetherverbindungen, so müssen wir den Aether als das Oxyd, folglich als Aethyloxyd betrachten, und die Constitution desselben uns nach der Formel $C_4 H_5 O$ denken. Wir kennen ja auch wirklich Verbindungen des Aethyloxyds, sowohl mit organischen und unorganischen Säuren, als auch mit Salzbildern, z. B.

Saures schwefelsaures Aethyloxyd $= HO. SO_3 + C_4 H_5 O. SO_3$.

Neutrales schwefelsaures Aethyloxyd $= C_4 H_5 O. SO_3$.

Salpetersaures Aethyloxyd $= C_4 H_5 O. NO_5$.

Salpetrigsaures „ $= C_4 H_5 O. NO_3$.

Oxalsaures „ $= C_4 H_5 O. C_2 O_3$.

Aethylchlorür $= C_4 H_5 Cl$.

Aethylbromür $= C_4 H_5 Br$.

Aethylcyanür $= C_4 H_5 Cy$.

Schwefeläthyl $= C_4 H_5 S$.

Vergleichen wir nun diese Verbindungen mit denen eines Metalls, z. B. dem Kalium, so wird es uns nicht schwer werden, hier vollkommene Analogien aufzufinden, denn das Aethyloxyd entspricht dem Kaliumoxyd, das salpetrigsaure Aethyloxyd dem salpetrigsauren Kali, das oxalsaure dem oxalsauren Kali, das Aethylchlorür dem Chlorkalium oder Chlornatrium, das Schwefeläthyl dem Schwefelkalium u. s. w.

Es darf daher auch keineswegs z. B. statt des Aethylchlorürs und Schwefeläthyls, wie früher, die Benennung Chlorwasserstoff-Aether und Schwefelwasserstoff-Aether gebraucht werden, denn sonst müsste unsere Vorstellung von ihrer Constitution eine andere sein, und wir würden jene für diese beiden Verbindungen angegebenen Formeln in $C_4 H_5 O. HCl$ und $C_4 H_5 O. HS$ umändern müssen. Da aber das Aethyl dem Kalium analog mit einem Aequivalent oder Atom Sauerstoff eine Sauerstoffbasis bildet, die mit den stärksten

Säuren neutrale Verbindungen eingeht, und ebenso mit einem Aequivalent oder Atom Schwefel eine dem Schwefelkalium und mit einem Aequivalent Chlor eine dem Chlorkalium analoge Verbindung eingeht, so würde es nicht in der Ordnung sein, wenn wir diesen Aethylverbindungen nicht jene angemessenen Benennungen gäben, die den ihnen analogen unorganischen Verbindungen entsprechen. Den Aethylverbindungen stellt sich die Reihe des Methyloxyds C_2H_3 an die Seite, denen wir kennen z. B.:

Schwefelsaures Methyloxyd $= C_2H_3O.SO_3$.

Salpetersaures Methyloxyd $= C_2H_3O.NO_5$.

Oxalsaures Methyloxyd $= C_2H_3O.C_2O_3$.

Essigsaures Methyloxyd $= C_2H_2O.C_4H_3O_3$.

Methylchlorür $= C_2H_3Cl$.

Methyljodür $= C_2H_3J$.

Methylcyanür $= C_2H_3Cy$.

Methylsulfuret oder Schwefelmethyl $= C_2H_3S$.

Diese letztere tritt ganz analog mit dem Schwefelkalium und dem Schwefeläthyl auf, indem es sich, wie das Methyloxyd mit den Sauerstoffsäuren, als Sulfobase mit den elektronegativen Schwefelverbindungen vereinigt; solche Verbindungen sind z. B. Methylsulfhydrat $= C_2H_3S.HS$. Methylsulfocarbonat $= C_2H_3S.CS_2$. Endlich sind ausser Methylbisulfuret $= C_2H_3S_2$ und Methyltrisulfuret $= C_2H_3S_3$ auch noch mehrere andere ähnliche Methylverbindungen bekannt.

Nichts desto weniger zeigt auch die bedeutende Reihe der Verbindungen des Radicals Amyl $= C_{10}H_{11}$ eine solche Analogie mit den entsprechenden Aethyl- und Methylverbindungen, dass die Angabe ihrer Constitution nicht nothwendig sein dürfte.

Mögen diese Beispiele ausreichend sein, um zu beweisen, welche Analogien zwischen den organischen und unorganischen stattfinden; indessen könnten wir auch als Verbindungen eines isolirten arsenhaltigen Radicals die des Kakodyls ($\kappa\alpha\kappa\acute{\alpha}\delta\eta\varsigma$, übel riechend) $= C_4H_6As$ und mehrerer anderer hypothetischer Radicale, z. B. der Fettbasen, hierher zählen, aber es liegt dies ausser unserer Sphäre, da wir nur den Zweck haben, uns eine Vorstellung von der wahrscheinlichsten Constitution der organischen Verbindungen zu machen, und die schon früher besprochene Radicaltheorie als Grundlage aufführen.

Wir haben also demnach das Aethyloxyd, Methyloxyd, Amyloxyd als Basen zu betrachten, die sich auch wirklich durch Metallbasen in ihren Verbindungen ersetzen lassen, wiewohl diese organischen Basen, wenn sie aus ihren Verbindungen mit Säuren abgeschieden werden, ihre basischen Eigenschaften verlieren, indem sie leicht geneigt sind, Wasser aufzunehmen, wodurch ihre basischen Eigenschaften vernichtet werden, während sonst gewöhnlich andere Basen und Säuren ihre Eigenschaften als solche erst recht deutlich hervortreten lassen. Das Aethyloxyd wird z. B. durch stärkere elektropositive Metalloxyde, wie die Alkalien, abgeschieden und durch diese ersetzt, erleidet aber dabei eine Zer-

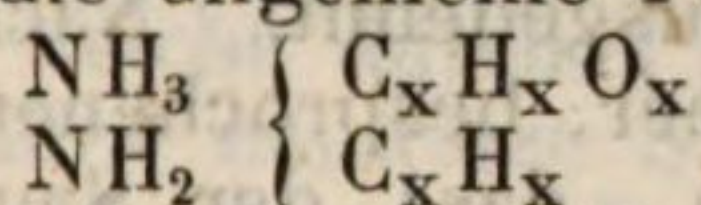
setzung, indem es bei Gegenwart von Wasser dasselbe aufnimmt und als Aethyloxydhydrat oder Alkohol frei wird. Ebenso wird z. B. das Glyceryloxyd oder Lipyloxyd, eine sogenannte Fettbasis, durch Metalloxyde, wie z. B. das Bleioxyd, aus seinen Verbindungen mit Fettsäuren abgeschieden, verwandelt sich aber ebenfalls, so bald es frei wird, in ein Hydrat, welches seiner basischen Eigenschaften beraubt ist.

Von diesen Basen unterscheiden sich dadurch namentlich die sogenannten Salzbasen oder Alkaloide, wie das Morphin, Chinin, Strychnin, die wir in unserer Classification nach Berzelius als gepaarte Basen aufgeführt haben. Denn diese bilden mit Säuren wirkliche salzartige Verbindungen, aus denen sie sich durch stärkere Basen unverändert wieder abscheiden lassen. Diese Basen, welche, wie schon früher erwähnt, sämtlich Stickstoff-haltig sind und wenigstens aus diesem Elemente, dem Wasserstoff und Kohlenstoff, bestehen, verdanken ihre basischen Eigenschaften dem Ammoniak (NH_3), dessen Verbindungsverhältnisse mit Wasserstoffsäuren und Sauerstoffsäuren denen dieser organischen Basen oder Alkaloide gleichen, wodurch sie sich also ebenfalls von den früher erwähnten Basen, welche mehr mit den Metalloxyden übereinstimmen, unterscheiden. Rücksichtlich der Constitution dieser organischen Salzbasen sind jedoch die Ansichten sehr verschieden, ob nämlich in ihnen das Ammoniak (NH_3) als solches vertreten, oder ob dasselbe als Amid (NH_2) die basischen Eigenschaften vertritt.

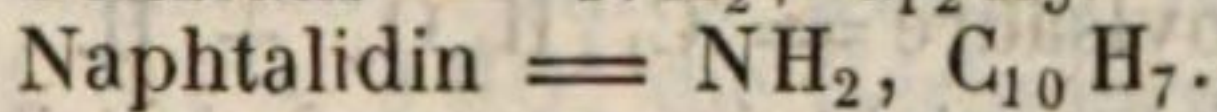
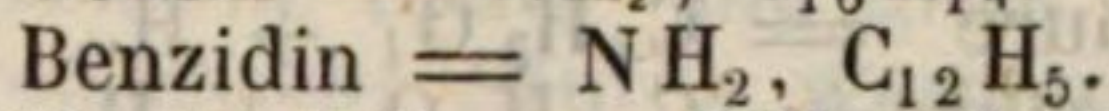
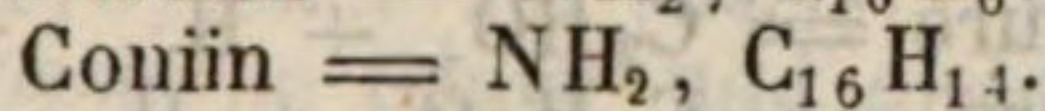
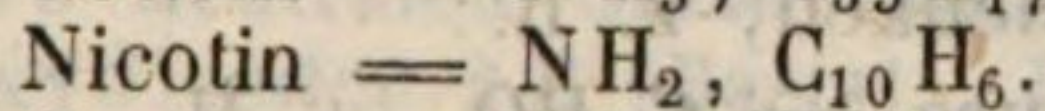
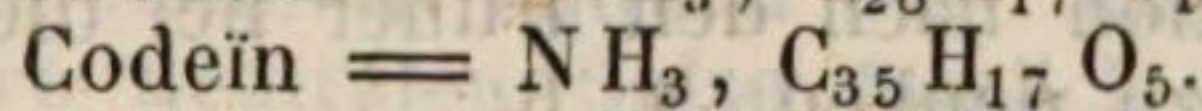
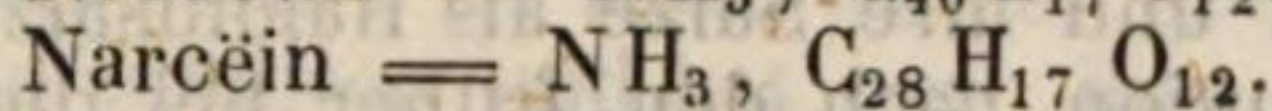
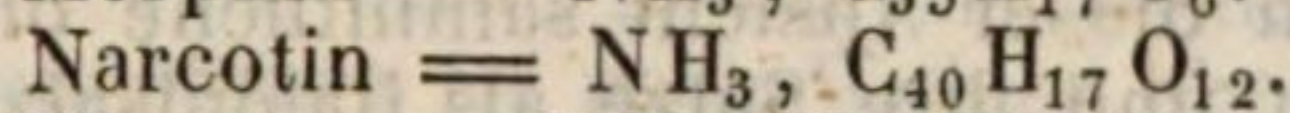
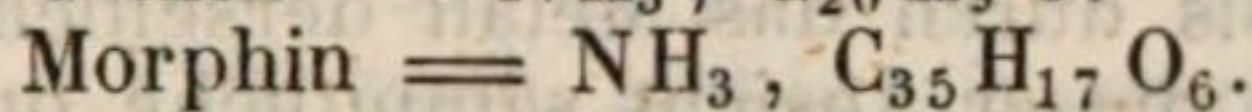
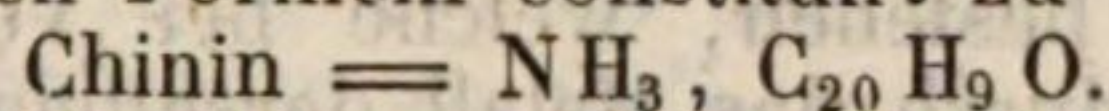
Berzelius schreibt die Basicität der Alkaloide dem darin enthaltenen Ammoniak (NH_3) zu, welches nur immer zu einem Atom mit einem organischen Paarling diese Basen constituirt. Wiewohl nun für diese Ansicht sehr viele Gründe, namentlich die Uebereinstimmung der Ammoniaksalze mit denen der organischen Basen und die Bildung dieser durch Einwirkung des Ammoniaks auf organische Substanzen spricht, so lässt sich diese Ansicht doch nicht auf alle Basen anwenden. Liebig's Ansicht lautet dagegen, dass man sie als Amidverbindungen zu betrachten habe, indem das Amid (NH_2) oder Amidogen als Basenbilder des Radicals in den Basen zu betrachten sei, welches mit Kohlenwasserstoffen auch Körper von zusammengesetzter Natur Alkaloide bildet, eine Ansicht, welche sich vorzugsweise darauf stützt, dass es Amide und amidähnliche Körper giebt, die einen basischen Charakter in sich tragen, und dass aus mehreren Amiden durch gewisse Einflüsse Alkaloide erzeugt werden können. Gegen jene Ansicht dagegen, obgleich sie aus den angeführten Gründen Manches für sich hat, lässt sich jedoch, wie dieses auch namentlich Liebig aufstellt, einwenden, dass in den Alkaloiden direct kein Ammoniak nachzuweisen ist.

Es ist nun wohl schwer zu entscheiden, welche Vorstellung über die Constitution die richtigere ist; denn die eine Ansicht lässt sich ebenso wenig als die andere auf alle organischen Basen anwenden und als durchgreifend annehmen. Kann man auch die erste Annahme, dass die Alkaloide als Ammonverbindungen be-

trachtet werden dürfen, im Allgemeinen den organischen Basen mit grösserer Leichtigkeit anpassen, so spricht doch die Constitution mancher Basen dafür, dass Amid (NH_2) in ihnen enthalten ist, so dass wir dieselben wohl theils als Ammon- oder Ammoniak- und theils als Amidverbindungen ansehen können. Jedoch ist noch nicht abzusprechen, dass nicht noch andere Modificationen des Ammoniaks, namentlich Verbindungen von Ammonium (NH_4O), Imidogen (NH) und Hitrilen (N) als Alkaloide vorkommen sollten. Die organischen Materien, mit denen die Ammone und Amide jene Salzbasen bilden, sind verschiedener Natur, häufig Kohlenwasserstoffe, ebenso oft aber auch von zusammengesetzter Natur mit Sauerstoff verbunden, so dass wir im Allgemeinen die Salzbasen rücksichtlich ihrer Constitution wohl als Verbindungen von Ammon und Amid mit organischen Radicalen oder Oxyden betrachten dürfen, so dass wir ihnen die allgemeine Formel



geben können. Wir würden uns z. B. folgende Basen nach den daneben stehenden Formeln constituirt zu denken haben:



§. 176. Die Theorie der zusammengesetzten Radicale leitet uns auch bei Betrachtung über die Constitution der organischen Säuren, da man sich bestrebt hat auch zwischen diesen und den unorganischen Säuren Analogien zu ziehen, indem man sie ebenfalls, so bald sie Sauerstoff-haltig sind oder Wasser enthalten, welches zu ihrer Existenz nöthig ist, aus einem Radical und Sauerstoff zusammengesetzt betrachten kann. Wir haben also auch in den Säuren eine Reihe hypothetischer Radicale anzunehmen, z. B. das Formyl $= \text{C}_2 \text{H}$ als das Radical der Formylsäure (Ameisensäure) $\text{Fo O}_3 = \text{C}_2 \text{H O}_3$, nur als Hydrat bekannt, folglich nach der Formel $\text{C}_2 \text{H O}_3 + \text{HO}$ zusammengesetzt; das Acetyl $= \text{C}_4 \text{H}_3$ in dem Acetylsäurehydrat (Essigsäure) $\text{Ac O}_3 \text{HO} = \text{C}_4 \text{H}_3 \text{O}_3 + \text{HO}$; Margaryl $= \text{C}_{34} \text{H}_{33}$ in der in Fetten sehr verbreiteten Margarylsäure (Margarinsäure, nach $\mu\alpha\rho\gamma\alpha\rho\iota\tau\eta\varsigma$, oder $\mu\acute{\alpha}\rho\gamma\alpha\rho\omicron\nu$, Perle, wegen des Glanzes des mangarinsäuren Kalks benannt) $\text{Mg O}_3 = \text{C}_{34} \text{H}_{33} \text{O}_3$; Benzoyl $= \text{C}_{14} \text{H}_5$ in der Benzoylsäure (Benzoësäure) $\text{Bz. O}_3 = \text{C}_{14} \text{H}_5 \text{O}_3$ als Hydrat $= \text{C}_{14} \text{H}_5 \text{O}_3 + \text{HO}$; Succyl $= \text{C}_4 \text{H}_2$ in der Succylsäure (Bernsteinsäure) $\text{Su O}_3 = \text{C}_4 \text{H}_2 \text{O}_3$; Valeryl $= \text{C}_{10} \text{H}_9$ in dem Valerylsäurehydrat (Valeriansäure) $\text{Va O}_3 = \text{C}_{10} \text{H}_9 \text{O}_3 + \text{HO}$.

Anmerkung. Nach der Abscheidung des Valyls $= \text{C}_8 \text{H}_9$ auf galvanischem Wege durch Kolbe ist dieses wohl als Radical der Valeriansäure

zu betrachten, indem es nach der Ansicht des Entdeckers mit der Oxalsäure (C_2O_3) + HO die Valeriansäure bildet, — ferner das Tartryl = C_4H_2 als hypothetisches Radical der Tartrylsäure (Weinsäure) = $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_5 + \text{HO}$; das Lactyl = C_6H_5 in der Lactylsäure (Milchsäure) $\text{LaO}_5 = \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_5$ u. s. w.

Ob übrigens die hypothetischen Radicale der organischen Säuren wirklich als binär betrachtet werden dürfen, wie es in diesen Beispielen geschehen ist, oder ob sie auch sauerstoffhaltig sind, lässt sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden.

§. 177. Da nun indessen das Gesetz der Sättigungscapacität, dass nämlich in allen neutralen Salzen der Sauerstoff der Basis zu der Atomenzahl des Sauerstoffs der Säure sich wie 4 verhält, nicht für alle Verbindungsverhältnisse der organischen Säuren gilt und es ebenfalls unter den organischen Säuren reine Wasserstoffsäuren giebt, so hat Liebig die Theorie, dass alle Säuren als Wasserstoffsäuren zu betrachten seien, auch auf die Vorstellung von der Constitution der organischen Säuren ausgedehnt. Nach dieser von Davy angeregten und bereits früher besprochenen Theorie würden wir folglich annehmen müssen, dass der Sauerstoff sich im Radical befinde und die organischen Säuren aus zusammengesetzten Radicalen und Wasserstoff bestehen, welche bei Verbindungen der Säuren mit einer Basis durch das Metall derselben vertreten wird. Wir hätten also nach dieser Ansicht sämtliche organische Säuren als Wasserstoffsäuren und ihre Salze als Haloidsalze zu betrachten, und uns ihre Constitution nach den früher bei dieser Theorie angegebenen Beispielen zu denken, z. B.:

die Formylsäure = $\text{C}_2\text{HO}_4 + \text{H}$.

die Acetylsäure = $\text{C}_4\text{H}_3\text{O}_4 + \text{H}$.

die Benzoylsäure = $\text{C}_{14}\text{H}_5\text{O}_4 + \text{H}$.

Diese Säuren, welche nicht im wasserfreien Zustande bekannt sind, haben wir also nicht als Hydrate, sondern als Wasserstoffsäuren zu betrachten, und ihre Salze, der Binartheorie zufolge, aus dem Radical der Säure und dem an die Stelle des Wasserstoffs getretenen Metall zusammengesetzt anzunehmen, z. B.:

a) Formylsaures oder ameisensaures Kali = $\text{C}_2\text{HO}_4 + \text{K}$.

b) Essigsaures Silberoxyd = $\text{C}_4\text{H}_3\text{O}_4 + \text{Ag}$.

c) Benzoylsaures Baryt = $\text{C}_{14}\text{H}_5\text{O}_4 + \text{Ba}$.

Hach der gewöhnlichen Ansicht würden diese Salze dagegen folgende Formeln bekommen müssen:

a) $\text{C}_2\text{HO}_3 \cdot \text{KO}$.

b) $\text{C}_4\text{H}_3\text{H}_3 \cdot \text{AgO}$.

c) $\text{C}_{14}\text{H}_5\text{O}_3 \cdot \text{BaO}$.

Wenn wir nun die eine oder andere Ansicht in Anwendung auf die Constitution der organischen Säuren allgemein geltend machen wollen, so ist dies ebenso schwierig als für die unorganischen Säuren, denn es giebt unter ihnen sowohl Wasserstoffsäuren, als auch Sauerstoffsäuren, die ihren Charakter bestimmt behaupten. Es ist ebenso unvermeidlich, der Theorie der Wasserstoffsäuren gemäss, eine grosse Menge hypothetischer Radicale anzunehmen,

als nach der anderen Ansicht eine Reihe wasserfreier Säuren vor-
auszusetzen, da die Mehrzahl der organischen Säuren uns nur als
Hydrate bekannt sind.

§. 178. Uebertragen wir die merkwürdige Eigenschaft der
Phosphorsäure, je nach ihrem Gehalt an Wasserstoff oder Wasser,
eine verschiedene Sättigungscapacität zu zeigen, auf die organi-
schen Säuren, so haben wir nach Liebig unter diesen einbasi-
sche, zweibasische und dreibasische Säuren von einander
zu unterscheiden, da man die Entdeckung gemacht hat, dass auch
manche organische Säuren mehr als 1 Atom Basis sättigen kön-
nen. So ist z. B. nach dieser Ansicht und nach der Analogie mit
den Modificationen der Phosphorsäure die Weinsäure als eine zwei-
basische Säure zu betrachten, da sie im krystallisirten Zustande
nach der Formel $C_4H_2O_5 + 2HO$ constituirt zu denken ist, also
2 Atom Wasser enthält, welche durch 2 Atom Basis vertreten wer-
den können, so dass ihre neutralen Salze $= C_4H_2O_5 + 2B$ zu-
sammengesetzt sein müssen, und z. B. dem neutralen weinsauren
Kali die Formel $C_4H_2O_5 + 2KO$ oder $K_2\bar{T}$ gebührt. Ebenso wer-
den z. B. die Knallsäure $= C_4N_2 + O_2 + 2HO$ und die Komen-
säure $= C_6HO_4 + 2HO$ nach Liebig als zweibasische Säuren be-
trachtet. Die Cyanürsäure ist nach Wöhler ebenfalls als eine zwei-
basische Säure aufzuführen und hat nach ihm die Formel $C_6N_3HO_4$
 $+ 2HO$ und ihre neutralen Salze folglich die Formel $C_6N_3HO_4$
 $+ 2HO$ (Metalloxyd) oder 2 B (Basis). Liebig dagegen betrachtet
sie als eine dreibasische Säure und giebt ihr die Formel $C_6N_3O_3$
 $+ 3HO$. Als dreibasische Säuren werden ferner z. B. die Citro-
nensäure $= C_{12}H_5O_{11} + 3HO$, die Gerbsäure $= C_{18}H_8O_{12} + 3HO$
und nach Liebig auch die Meconsäure $= C_{14}HO_{11} + 3HO$ ange-
nommen; letztere wird auch als zweibasische Säure betrachtet nach
der Formel $= C_{14}H_2O_{12} + 2HO$. Die einbasischen Säuren,
welche die grössere Zahl in sich schliessen, sind also solche, aus
denen bei der Bildung ihrer neutralen Salze 1 Aequivalent oder
1 Atom Wasser durch 1 Aequivalent oder 1 Atom Basis verdrängt wird.

Die zweibasischen Säuren enthalten 2 Atom Wasser, welche
durch 2 Aequivalent oder 2 Atom Basis ersetzt werden können,
1 Atom Säure verbindet sich also mit 2 Aequivalent Basis, jedoch
kann auch unter diesen beiden Atomen eine andere Basis oder
1 Aequivalent Wasser sein. Die dreibasischen Säuren enthalten
drei Aequivalent Wasser, welche durch 3 Atome Basis ganz oder
zum Theil ersetzt werden können; ein jedes Atom Säure neutra-
lisirt ein Atom Basis.

Die allgemeinen Formeln, welche wir zur Uebersicht anführen
wollen, sind für die Säuren und neutralen Salze folgende:

Einbasisch.	Zweibasisch.	Dreibasisch.
$\dot{R} + HO.$	$\dot{R} + 2HO.$	$\dot{R} + 3HO.$
$\dot{R} + MO.$	$\dot{R} + 2MO.$	$\dot{R} + 3MO.$
	oder	oder
	$\dot{R} + \begin{cases} MO. \\ mO. \end{cases}$	$\dot{R} + \begin{cases} 2HO. \\ MO. \end{cases}$
	oder	$\dot{R} + \begin{cases} HO. \\ 2MO. \end{cases}$
	$\dot{R} + \begin{cases} HO. \\ MO. \end{cases}$	oder
		$\dot{R} + \begin{cases} HO. \\ MO. \\ mO. \end{cases}$

Anmerkung. $\dot{R}$ bedeutet wasserfreie Säure, und MO Metalloxyd.

§. 479. Wird die Constitution der mehrbasischen Säuren nach der Theorie der Wasserstoffsäuren erklärt, so haben wir natürlich die Sättigungscapacität von dem Wasserstoffgehalt abhängig zu betrachten. Hiernach sind die drei Gruppen der Säuren, Radicale mit 1, 2 oder 3 Aequivalent Wasserstoff, welcher durch 1, 2 oder 3 Atome Metall vertreten werden kann, indem der Wasserstoff, wie schon früher erwähnt, mit dem Sauerstoff der Basis Wasser bildet, und das Metall derselben den Wasserstoff ersetzt. Die Constitution hat man sich folglich den früher gegebenen Formeln analog vorzustellen.

§. 480. Ehe wir unsere Betrachtungen über die Constitution der organischen Säuren schliessen, muss noch erwähnt werden, dass nicht allein durch Einwirkung von unorganischen Säuren auf organische Verbindungen gepaarte Säuren, wie z. B. die Benzoylschwefelsäure, Nitrobenzoësäure gebildet werden, sondern auch organische Säuren mit organischen Verbindungen oder Paarlingen als gepaarte Säuren vorkommen. Man betrachtet überhaupt die zusammengesetzten Verbindungen organischer Säuren grösstentheils als gepaarte Säuren, wie z. B. die Mandelsäure als eine gepaarte Ameisensäure, nämlich als Bittermandelöl + Ameisensäure = $C_{14}H_6O_2 + Fo.O_3$. Ebenso hat man in neuerer Zeit die Ansicht ausgesprochen, dass namentlich gewisse Fettsäuren, z. B. die Valeriansäure, wie schon erwähnt, nach der Formel $C_8H_9 + C_2O_3 + aq$ als gepaarte Oxalsäuren zu betrachten seien. (Kolbe).

§. 484. Eine grosse Anzahl organischer Stoffe tragen nun weder einen entschieden ausgeprägten sauren, noch einen bestimmten basischen Charakter in sich; man nennt sie daher indifferente Körper. Der grössere Theil unter ihnen enthält keinen Stickstoff, und muss die Formel $C_xH_xO_x$ erhalten, wiewohl es auch indifferente stickstoffhaltige Körper giebt. Sie sind sicher aus zahlreichen Atomengruppen zusammengesetzt und erleiden daher sehr leicht durch fremde Einwirkung Metamorphosen. Es ist möglich, dass sie als Verbindungen von Sauerstoff- und Wasserstoffbasen betrachtet werden können.

Isomerie.

§. 182. Es giebt zusammengesetzte Körper, welche eine gleiche relative Atomzahl enthalten, aber dennoch in ihren Eigenschaften von einander abweichen, so dass sie bei gleicher Zusammensetzung keine Identität zeigen.

Man nennt das Verhältniss dieser Körper Isomerie (von *ἴσος*, gleich, und *μέρος*, Theil, oder *ἰσομέρης*, von gleichen Theilen) und bezeichnet sie als isomerische Verbindungen, von denen uns namentlich die organische Chemie höchst interessante Beispiele liefert, wiewohl solcher Fall zuerst unter den unorganischen Körpern, und zwar von Berzelius, welcher die Lehre der Isomerie in die Chemie einführte, erkannt wurde. Indessen geschah die eigentliche Begründung derselben durch mehrere Naturforscher.

§. 183. Wenn wir den Begriff von isomerischen Verbindungen feststellen wollen, so haben wir vorzugsweise dabei zu berücksichtigen, dass wir sie nicht mit den von manchen Verbindungen vorkommenden Modificationen verwechseln. Denn die isomeren Verbindungen unterscheiden sich von den Modificationen einer chemischen Verbindung dadurch, dass sie bei gleicher procentischer Zusammensetzung verschiedene chemische Eigenschaften zeigen, während der letzte Ausdruck „Modificationen“ sich nur auf solche Verbindungen bezieht, an denen, bei gleicher Zusammensetzung, nur eine Verschiedenheit in physikalischer Hinsicht erkannt wird. Uebrigens kann die Grenze nicht immer so scharf gezogen werden, denn es kommen auch Fälle vor, bei denen man im Zweifel ist, ob man von isomerischen Verbindungen oder Modificationen reden soll. Diese Ungewissheit tritt nämlich dann ein, wenn Verbindungen von gleicher Zusammensetzung mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften begabt sind, aber auch zugleich keine Uebereinstimmung rücksichtlich ihrer chemischen Eigenschaften erkennen lassen. Daher mag die Veranlassung gegeben worden sein, dass man manche Verbindungen als isomere betrachtete, wiewohl sie eigentlich nur in die Reihe der Modificationen gehören.

Solchen Verbindungen, von denen sich nicht mit Bestimmtheit sagen lässt, ob sie als isomere oder als Modificationen aufzuführen sind, gehört z. B. die Kieselerde an, da sie verschiedene physikalische Eigenschaften zeigt, indem sie amorph und krystallisirt vorkommt, und auf der anderen Seite auch ein verschiedenes chemisches Verhalten zeigt; denn im krystallisirten Zustande ist sie in siedender Kalilauge unlöslich, dagegen im amorphen Zustande sehr leicht löslich. Als wirkliche Modificationen dagegen kann man übrigens wohl die verschiedenen Krystallformen des kohlensauren Kalks, den Kalkspath (rhomboedrisch) und Aragonit (rhombisch) auführen, da dieselben bei gleicher Zusammensetzung gleiche chemische, aber verschiedene physikalische Eigenschaften besitzen, wiewohl sie dennoch auch schon als isomere Verbindungen angesehen worden sind.

§. 184. Den Zustand der Isomerie erkannte Berzelius zuerst

am künstlich bereiteten wasserhaltigen Zinnoxid, welches in zwei mit verschiedenen Eigenschaften begabten Hydraten auftritt und gewöhnlich als $a \text{ Sn O}_2$ und $b \text{ Sn O}_2$ bezeichnet wird. Nach Graham ist jedoch die Verschiedenheit dieser beiden Oxyde gleich den verschiedenen Modificationen der Phosphorsäure von dem Wassergehalt herzuleiten. Nach dieser Ansicht konnte man die Hydrate also nicht isomere Verbindungen, sondern nur Modificationen nennen. Uebrigens hat Berzelius auch manche Verbindungen als isomere hingestellt, die, wie z. B. das rothe und gelbe Quecksilberjodid, durchaus kein verschiedenes chemisches Verhalten zeigen, sondern nur in ihren physikalischen Eigenschaften von einander abweichen, so dass wir sie, nach dem zu Anfang aufgestellten Unterschiede, als Modificationen bezeichnen müssen. Dem isomeren Zustande des Zinnoxides reiht sich der des Chromoxydes an, welches zwei mit verschiedenen Eigenschaften versehene Hydrate liefert. Vorzugsweise aner kennenswerth ist aber die Thatsache, welche Berzelius ebenfalls zuerst beobachtete, dass manche Körper, wenn sie geglüht werden, einige ihrer Eigenschaften, wie z. B. das specifische Gewicht, ihre Grade der Löslichkeit u. s. w. verändern, wie z. B. die Titansäure, Tantalsäure, das erwähnte Chromoxyd u. s. w. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass man solche in einigen ihrer Eigenschaften veränderte Körper nur als Modificationen einer und derselben Verbindung betrachtet, und es liegt auch wohl nicht fern, wenn man diese Veränderungen dem etwaigen Entweichen von Wasser und latenter Wärme zuschreibt, wodurch eine Verdichtung, ein anderer Cohäsionszustand hervorgerufen werden mag, welcher doch jedenfalls Einfluss auf das Löslichkeitsverhältniss hat. Könnte es uns hier für unsern Zweck besondere Früchte tragen, noch mehrere zweifelhafte isomerische Fälle aufzuführen, so würde es uns nicht schwer werden, manche derartige Beispiele aufzufinden. Jedoch dürfte es von grösserem Interesse sein, uns mit dem isomerischen Zustand organischer Verbindungen zu beschäftigen, da derselbe bei diesen entschiedener hervortritt.

§. 485. Unter den bekanntesten Beispielen isomerischer organischer Verbindungen mag zuerst das der Weinsäure und Traubensäure erwähnt werden, da der isomerische Zustand dieser beiden Säuren als der erste sicherste Fall von den Chemikern erkannt wurde. Beide Säuren sind in ihrer Zusammensetzung vollkommen übereinstimmend, und beiden gebührt entweder die Formel $\text{C}_8 \text{H}_4 \text{O}_{10}$ oder $\text{C}_4 \text{H}_2 \text{O}_5$, aber dennoch zeigen sie keine Identität. Ebenso zeigt die Aepfelsäure Isomerie mit der Citronensäure = der Formel $\text{C}_4 \text{H}_2 \text{O}_4$. Diesen Beispielen haben wir hinzuzusetzen, dass die Verschiedenheit der Formel sich darnach richtet, ob man sie als ein- oder mehrbasische Säuren betrachtet; daher bekommen die beiden zuerst genannten als zweibasische Säuren die Formel $\text{C}_8 \text{H}_4 \text{O}_{10} + 2 \text{HO}$, als einbasische aber die andere Formel $\text{C}_4 \text{H}_2 \text{O}_5 + \text{HO}$. Die Schleimsäure entspricht der Formel: $\text{C}_6 \text{H}_4 \text{O}_7 + \text{HO}$; wird sie aber erhitzt, so erhält sie andere Eigenschaften, wiewohl die Zusammensetzung dieselbe bleibt; man nennt sie dann in diesem

veränderten Zustande Paraschleimsäure, und kann sie als eine mit der Schleimsäure isomere Verbindung aufführen. Ameisensaures Aethyloxyd (Ameisenäther) und essigsaures Methyloxyd haben beide die Formel $C_6H_6O_4$.

Ebenso zählt man auch solche Verbindungen zu den isomeren, welche die elementaren Atome in demselben Verhältniss, aber in absoluter Anzahl enthalten, wie z. B. Aldehyd $= C_4H_4 + O_2$ und essigsaures Aethyloxyd (Essigäther) $= C_8H_8O_4$.

Diese beiden letzteren Beispiele führen uns zu einem Unterschiede, welchen man jetzt stets zwischen den isomerischen Verbindungen macht, indem man folgende drei verschiedene Arten isomerer Körper von einander trennt:

- a) Isomere Verbindungen im engeren Sinne, bei denen sowohl die relative Atomenzahl, als auch das Atomengewicht übereinstimmend ist.
- b) Melamere Verbindungen, welche eine gleiche Anzahl elementarer Atome enthalten, deren Anordnung und Vereinigung zu näheren Bestandtheilen verschieden ist.
- c) Polymere Verbindungen, bei denen das Verhältniss der Atomenzahl gleich, aber die absolute Zahl verschieden ist.

Nach dieser Eintheilung werden die zuerst aufgeführten Beispiele von Säuren unter die Verbindungen im engeren Sinne gezählt werden müssen. Uebrigens zeigen auch viele flüchtigen Oele, welche der Formel $C_{20}H_{16}$ entsprechen, ausser verschiedenen physikalischen Eigenschaften auch verschiedene chemische. Ehe man indess obige Unterschiede machte, ward die Anzahl der isomeren Fälle bedeutender.

Den Ameisenäther und das essigsaure Methyloxyd würde man ebenfalls unter die isomeren Verbindungen im engeren Sinne zählen können, da sie beide eine gleiche relative Atomenzahl enthalten und ihnen die Formel $C_6H_6O_4$ gebührt; aber die atomistische Constitution haben wir uns verschieden zu denken und sie folglich unter die melameren Fälle zu zählen, denn die Anordnung oder Gruppierung der Atome zu näheren Bestandtheilen ist folgender Weise anzunehmen: Die rationelle Formel des ameisensauren Aethyloxyds ist $= C_2HO_3 + C_4H_5O$ und die des mit diesem melameren essigsauren Methyloxyds $= C_4H_3O_3 + C_2H_3O$. Ebenso enthalten auch das essigsaure Aethyloxyd (Essigäther) und die entwässerte Buttersäure eine gleiche relative Atomenzahl und die Formel $C_8H_8O_4$; jedoch ist die Anordnung derselben in den beiden Verbindungen verschieden, nämlich in dem essigsauren Aethyloxyd $= C_4H_3O_3 + C_4H_5O$ oder $\bar{A} + AeO$, in der Buttersäure dagegen $C_8H_8 + O_4$. Ameisensaures Amyloxyd und valeriansaures Methyloxyd haben beide die empirische Formel: $C_{12}H_{12}O_4$, die rationelle Formel des ersteren ist jedoch $C_2HO_3 + C_{10}H_{11} + O$, die der zweiten Verbindung aber $= C_{10}H_9O_3 + C_2H_3O$. Obgleich wir deren Fälle noch eine Reihe aufzählen könnten, da die organische Chemie sehr reich daran ist, so werden die angeführten Beispiele

jedoch schon hinreichen, um uns zu zeigen, was wir unter melameren Verbindungen verstehen, und uns zeigen, dass manche Körper bei gleicher relativer und absoluter Anzahl elementarer Atome eine Verschiedenheit ihrer näheren Bestandtheile zeigen.

Als Fälle polymerer Verbindungen können wir vorzugsweise Kohlenwasserstoffe angeben zum Beispiel Citronenöl = $C_{10}H_8$ und Terpentinöl = $C_{20}H_{16}$, Elayl = C_2H_2 und der vierfache Kohlenwasserstoff = C_8H_8 ; ferner sind das Aldehyd = $C_4H_4O_2$ und das essigsaure Aethyloxyd = $C_8H_8O_4$, das Bittermandelöl = $C_{14}H_5O_2 + H$ und Benzoin = $C_{28}H_{12}O_4$ und mehrere andere Verbindungen polymer. Uebrigens ist nicht immer mit Bestimmtheit zu entscheiden, ob eine isomere Verbindung der einen oder anderen durch diese Eintheilung entstandenen Gruppe angehört, da die ganze Theorie noch etwas Unsicheres hat; ist auch die Existenz der melameren und polymeren Verbindungen nicht in Abrede zu stellen, so ist es doch oft zweifelhaft, welcher dieser beiden Gruppen die Verbindungen einzureihen sind.

§. 486. Die isomeren Zustände chemischer Verbindungen lassen sich mit Hülfe der atomistischen Theorie insofern entsprechend erklären, als wir uns die elementaren Atome in verschiedener Weise zu zusammengesetzten Atomen gruppirt denken, und die verschiedenen chemischen Eigenschaften von der verschiedenen Anordnung der Atome ableiten. Wir müssen aber auf der anderen Seite auch zugeben, dass ohne Hülfe der Atomentheorie eine Erklärung für die isomeren Verhältnisse der Körper sehr schwierig werden würde, so dass namentlich diese Erscheinung die Annahme jener Hypothese rechtfertigte.

Neuntes Capitel.

Beziehung zwischen der äusseren Form und chemischen Constitution der Körper.

§. 487. Die verschiedenen Formverhältnisse der festen chemischen Körper, sowohl der Grundstoffe, als auch der Verbindungen haben für den Chemiker dann ein bedeutendes Interesse, wenn sie in regelmässiger, nach einem bestimmten symmetrischen Gesetze geordneter Gestalt vorkommen, da sie in solcher als ein eigenthümliches zusammenhängendes, selbstständiges Ganze dastehen, und von dieser regelmässigen Gestalt sich auf die chemische Zusammensetzung schliessen lässt. Diese regelmässigen Formen der Körper werden Krystalle genannt und unterscheiden sich von dem amorphen (α privatim und $\mu\alpha\rho\phi\eta$, Gestalt) Zustand der Körper hauptsächlich dadurch, dass sie durch ebene Flächen begrenzt sind, während die amorphen Massen durchaus keine regelmässige Theil-

barkeit zeigen, und sämtlicher von bestimmten Richtungen abhängiger physikalischer Eigenschaften ermangeln.

Die Zahl solcher krystallinischen Formen der Körper ist beträchtlich, denn ausser den in der Natur so häufig vorkommenden ist die Reihe der auf künstlichem Wege hervorgerufenen Krystallformen auch nicht unbedeutend. Dennoch findet sich so viele Uebereinstimmung unter ihnen, dass sie sich nach ihren Grundformen in gewisse Systeme einreihen lassen.

Für die Bestimmung der Krystallform sind die Linien von besonderer Wichtigkeit, welche man in Gedanken durch die Formen zieht, welche sich in einem Mittelpunkte schneiden und gegen welche die Flächen eine symmetrische Lage haben. Die Dimensionsverhältnisse und die gegenseitige Lage dieser Linien, welche man Axen nennt, bedingen die verschiedenen Systeme, welche wir wenigstens, wenn wir übrigens auch auf das Studium der Krystallographie verweisen müssen, anführen wollen.

a) Reguläres System, Thesseral- oder Tesseilar-System. Ein gleichgliedriges System nach Weiss, vielaxige tesserale Körper nach Naumann. Drei gleiche grosse Hauptdimensionen oder Axen, welche senkrecht auf einander stehen. Die beiden Grundgestalten dieses Systems, auf welche sich alle übrigen Formen zurückführen lassen, sind der Würfel (Fig. 67) und das reguläre Oktaëder (Fig. 68).

Fig. 67.

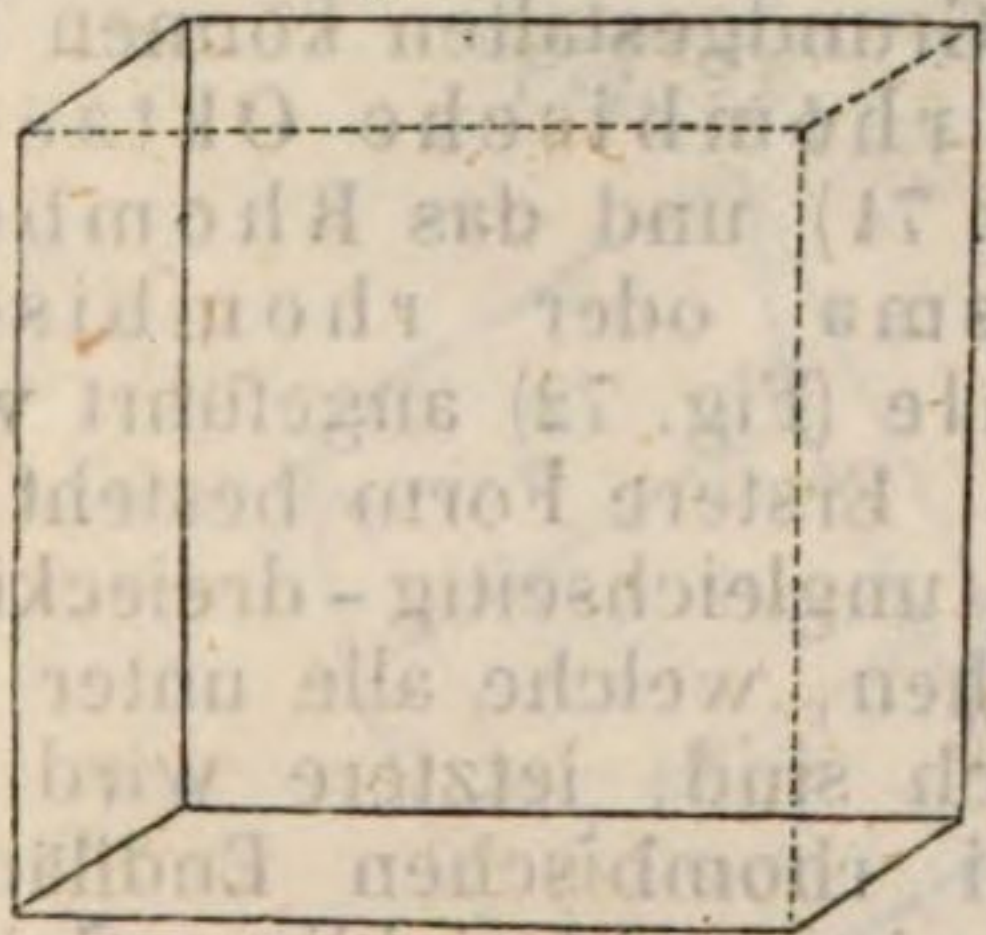
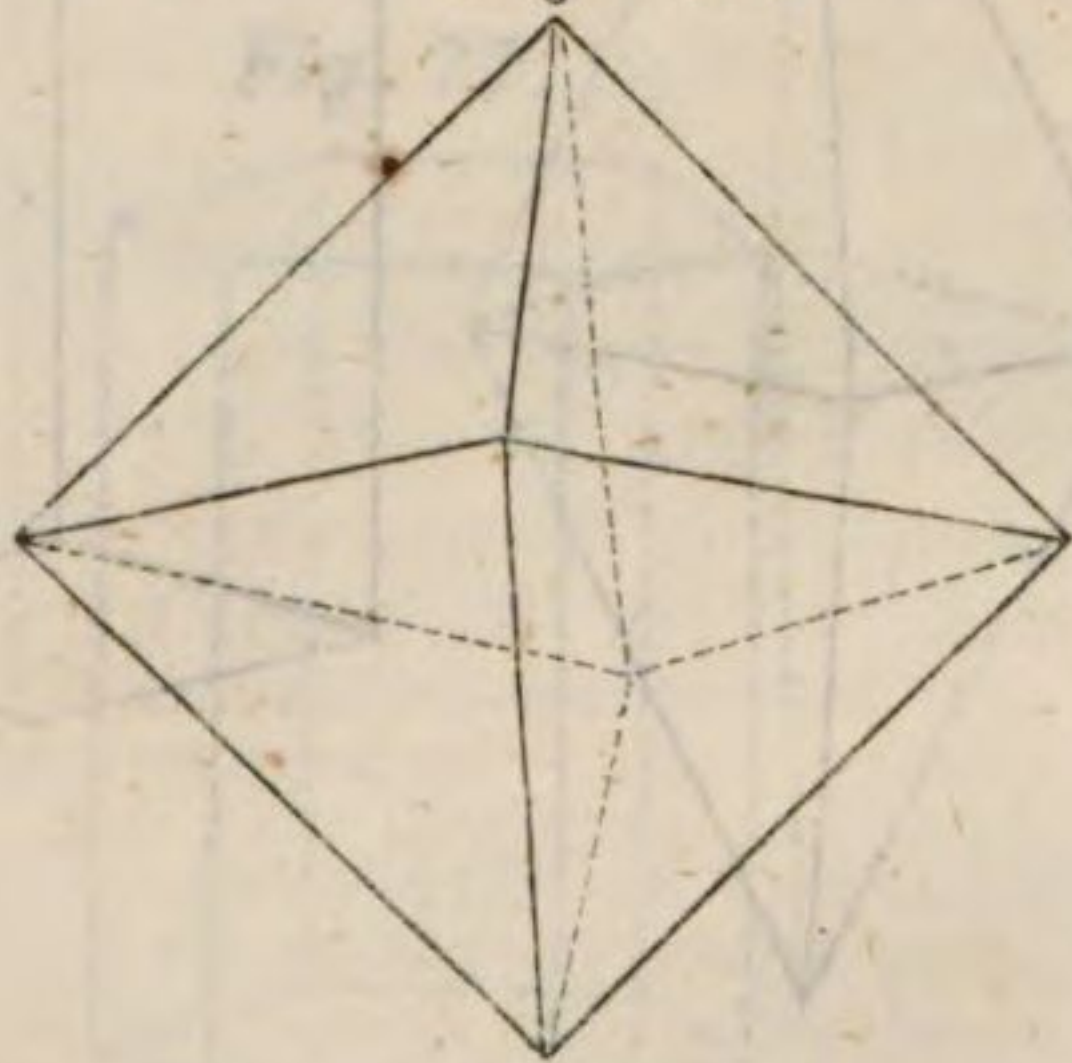


Fig. 68.



Ersterer besteht aus 6 quadratischen Flächen, letzteres aus 8 gleichseitig-dreieckigen Flächen.

b) Quadratisches oder Tetragonal-System. Nach Hausmann monodimetrisches System. Nach Mohs pyramidales System. Zwei gleich grosse Axen stehen senkrecht auf der dritten, welche entweder grösser oder kleiner ist, als jene beiden. Die Grundgestalten sämtlicher Formen sind die gerade quadratische Säule (Fig. 69) und das quadratische Oktaëder (Fig. 70). Erstere besteht aus 6 Flächen, wovon die beiden Endflächen quadratisch, die 4 Seitenflächen Rechtecke sind. Die zweite Grundgestalt hat 8 gleiche gleichschenklige (aber nicht gleichseitige) dreiseitige Flächen.

Fig. 69.

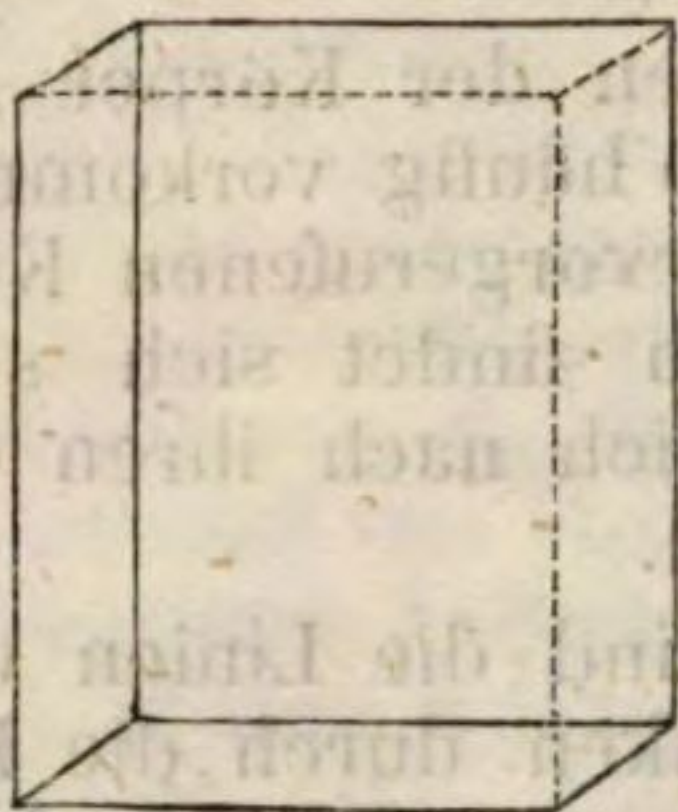
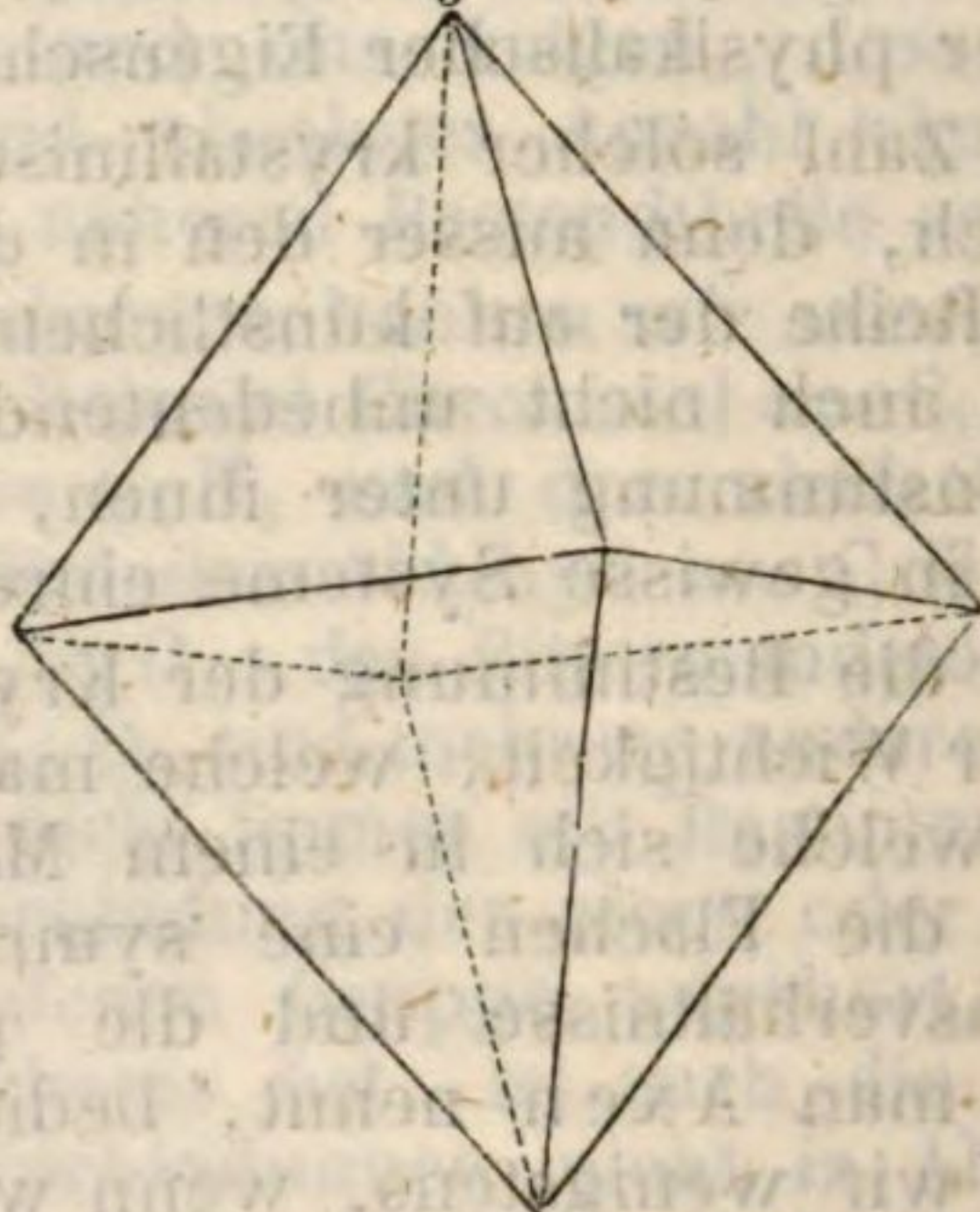


Fig. 70.



c) Rhombisches System. Nach Weiss zwei- und zweigliedriges System. Nach Hausmann trimetrisches System. Nach Mohs prismatisches System.

Fig. 71.

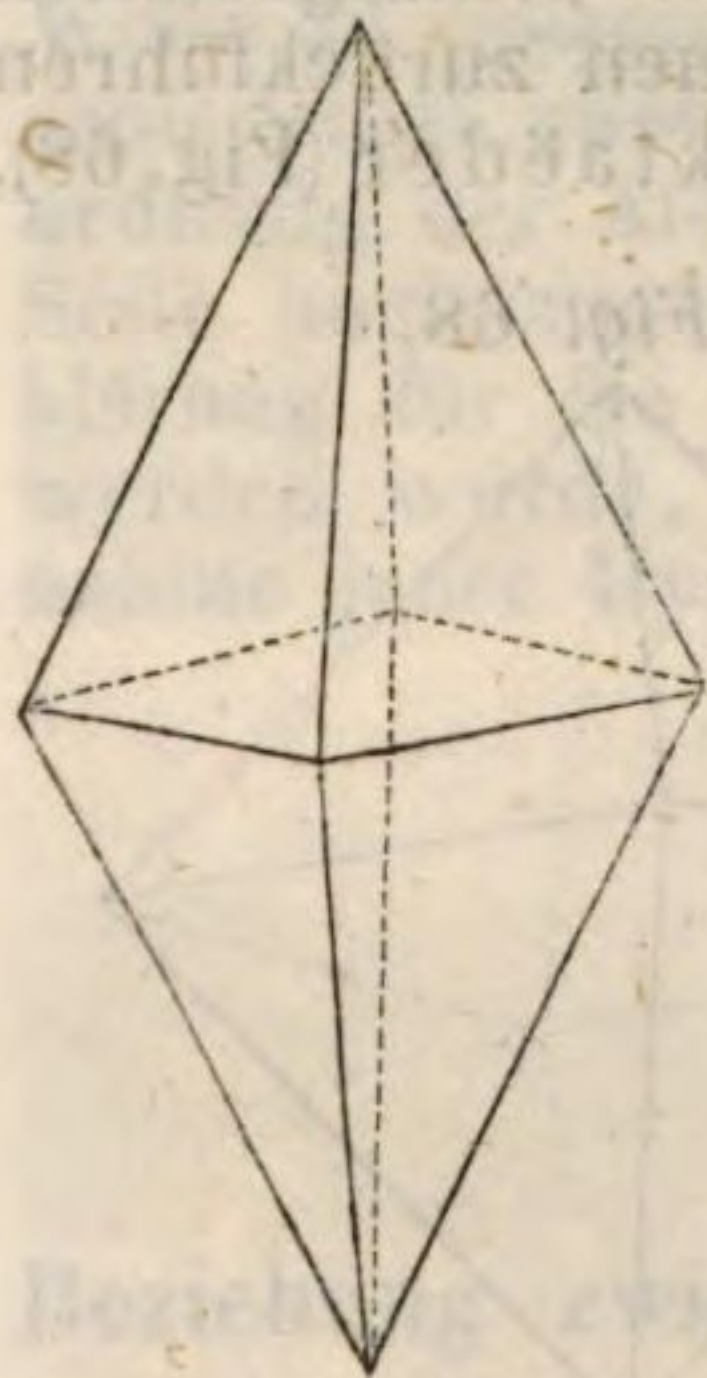
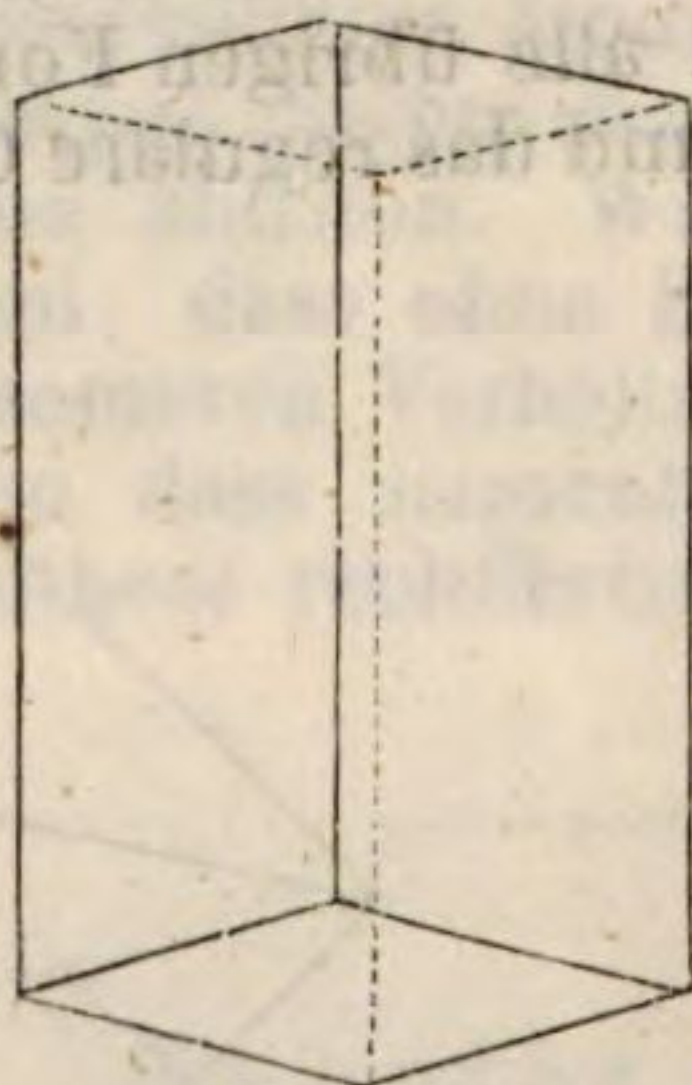


Fig. 72.

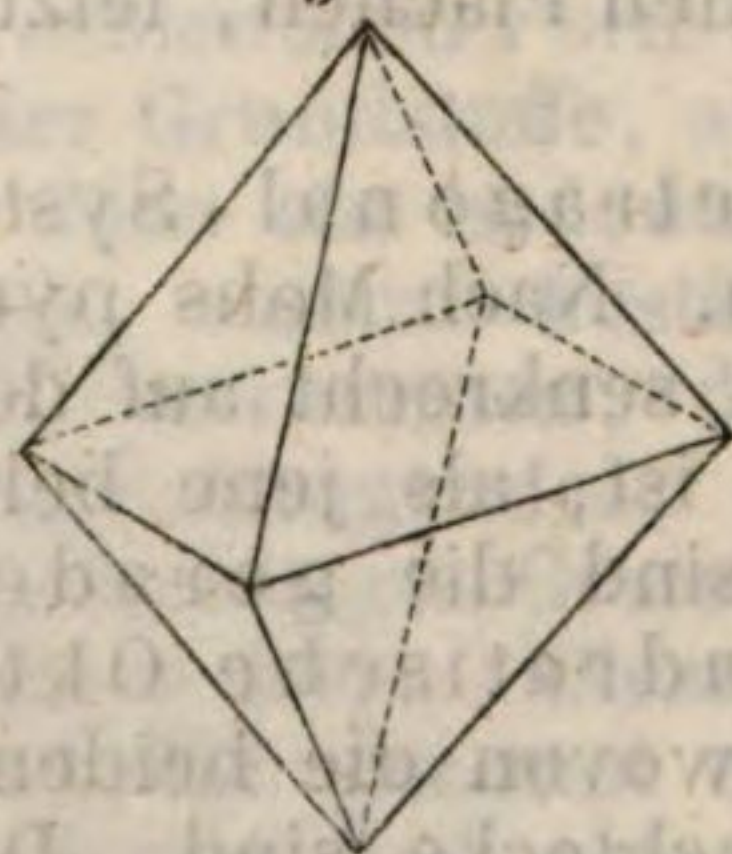


Krystallformen mit horizontaler rhombischer oder oblonger Basis, wovon die letztere auf die erste zurückführbar ist. Als Grundgestalten können hier das rhombische Oktaëder (Fig. 71) und das Rhombenprisma oder rhombische Säule (Fig. 72) angeführt werden. Erstere Form besteht aus acht ungleichseitig-dreieckigen Flächen, welche alle unter sich gleich sind; letztere wird von zwei rhombischen Endflächen und vier rechtwinkligen Seitenflächen gebildet.

Fig. 73.



Fig. 74.



d) Klinorhombisches System. (Nach Mohs zwei- und eingliedriges System, nach Naumann monoklinoëdrisches und diklinoëdrisches System). Ungleiche Axen, von denen zwei senkrecht auf einander stehen, und die dritte mit ihnen einen schiefen Winkel bildet. Als Grundgestalten, auf die sich alle anderen Formen zurückführen lassen, sind die schiefe rhombische Säule od. das schiefe

rhombische Prisma (Fig. 73) und das klinorhombische Oktaëder (Fig. 74) zu betrachten. Erstere besteht aus 2 gleichen rhombischen Endflächen und 4 rhomboidischen Seitenflächen, letzteres aus einer doppelt vierseitigen Pyramide mit zweierlei ungleichseitig-triangu-lären Flächen von ungleicher Neigung.

e) Klinorhomboidisches System. (Nach Weiss *Fig. 75.* ein- und eingliedriges System, nach Naumann triklinnoedrisches System.)

Ungleiche Axen, von denen keine senkrecht auf der anderen steht. Als Hauptform ist die schiefe rhomboidische Säule (Fig. 75) zu betrachten. Sie besteht aus 6 rhomboidischen Flächen, von denen je zwei gegenüberliegende, zwei grössere und zwei kleinere Seitenflächen unter sich gleich sind.

f) Hexagonalsystem mit vier Axen. (Nach Weiss drei- und dreigliedriges und sechsgliedriges System, nach Hausmann monotrimetrisches und nach Mohs rhomboëdrisches System.)

Drei Axen sind gleich und schneiden sich, in einer Ebene liegend unter Winkeln von 60° , die vierte ist aber entweder länger oder kürzer und steht senkrecht auf ihnen. Zu den Hauptformen gehören das Rhomboëder (Fig. 76) und das sechsseitige Prisma oder die regelmässig-sechseckige Säule (Fig. 77). Das Rhomboëder

Fig. 76.

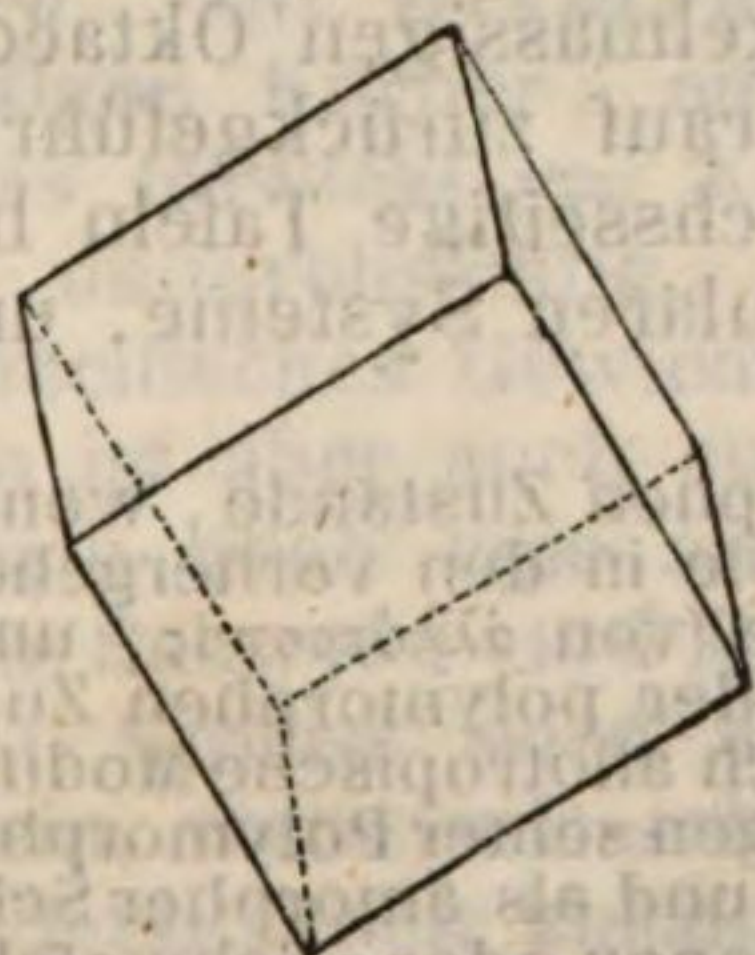
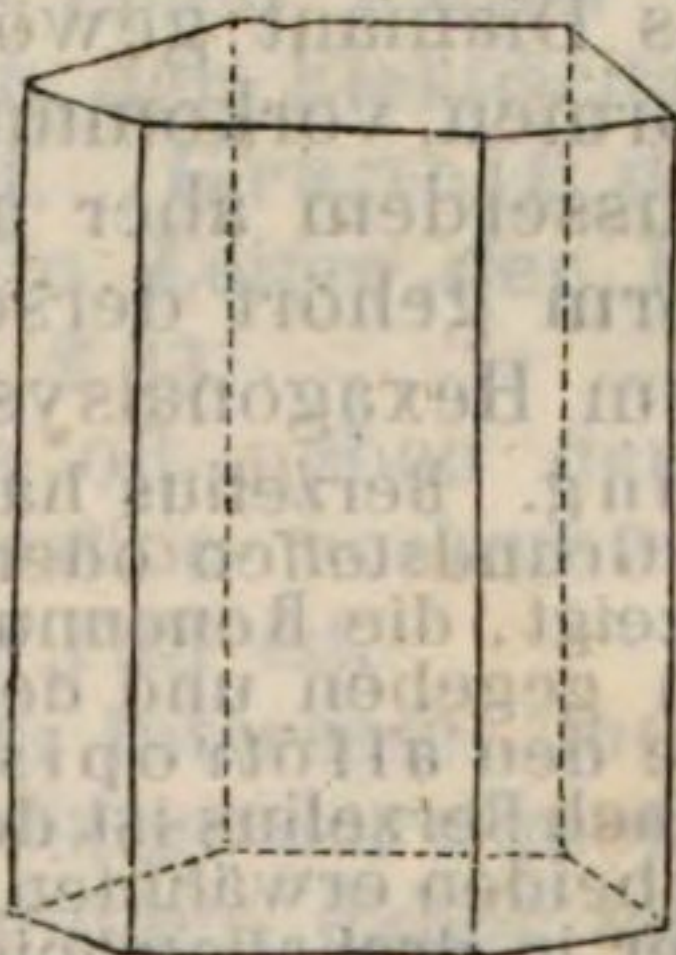


Fig. 77.



hat 6 rhombische Flächen mit 6 Endkanten. Das Prisma besteht aus 2 regelmässig sechsseitigen Endflächen mit Winkeln von 120° und 6 rechtwinkligen Seitenflächen.

Möge diese Andeutung hier genügen, um einen allgemeinen Begriff von Krystall zu geben und zu zeigen, dass sich die mannichfaltigen Combinationen auf einfache Grundgestalten zurückführen und von diesen ableiten lassen. Dieses schien wenigstens erforderlich, weil wir hier Einiges über den Zusammenhang zwischen der Krystallform und der inneren Constitution chemischer Körper zu sagen haben; eine ausführlichere Behandlung der Krystallographie ist jedoch hier nicht am rechten Orte und kann daher wohl nicht erwartet werden.

Dimorphie.

§. 188. Es kommt häufig vor, dass ein und dieselbe Substanz in verschiedenen Krystallformen auftritt, jedoch lassen sich diese meistens, selbst wenn sie sich in mannichfachen Combinationen zeigen, auf die Grundgestalt eines Krystallsystems zurückführen. Indessen hat man erkannt, dass es auch Körper giebt, denen die Eigenthümlichkeit inne wohnt, zwei verschiedene Krystallformen zu bilden, die nicht einem und demselben Systeme angehören. Diese Eigenschaft der Körper nennt man daher Dimorphie (von $\delta\iota\varsigma$, zweifach, und $\mu\omicron\rho\phi\eta$, Gestalt), und ist solchen Substanzen beizumessen, deren Krystallformen von zwei verschiedenen primitiven oder Grundformen abzuleiten sind, die also in diesen physischen Eigenschaften von einander abweichen und rücksichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung vollkommene Identität zeigen. Diese Dimorphie findet sich sowohl unter den in der Natur vorkommenden als auch unter den künstlich darstellbaren Substanzen.

Der dimorphe Zustand der Körper ist zuerst von Mitscherlich am Schwefel erkannt worden. Scheidet sich z. B. Schwefel aus einer Lösung in Terpentinöl bei 38° C. aus, so bildet er ein Oktaëder mit rhombischer Basis, also dieselbe Form, in welcher er als natürlich vorkommender Körper auftritt und dem rhombischen Systeme angehört. Erstarrt der Schwefel aber nach dem Schmelzen (bei 144° C.) so bildet er eine schiefe rhombische Säule und gehört folglich dem klinorhombischen Systeme an. Als ein anderes der gewöhnlichen Beispiele können wir den Kohlenstoff anführen, welcher als Diamant gewöhnlich in regelmässigen Oktaëdern oder doch in Formen vorkommt, welche darauf zurückgeführt werden können, ausserdem aber als Graphit sechsseitige Tafeln bildet. In ersterer Form gehört derselbe dem regulären Systeme, und in der zweiten dem Hexagonalsystem an.

Anmerkung. Berzelius hat diesem dimorphen Zustande, wenn derselbe sich bei Grundstoffen oder Elementen, wie in den vorhergehenden Beispielen zeigt, die Benennung Allotropie (von $\alpha\lambda\lambda\acute{o}\tau\rho\omicron\pi\omicron\varsigma$, ungleich beschaffen) gegeben und dem dimorphen oder polymorphen Zustande der Elemente den allotropischen oder auch allotropische Modification genannt. Nach Berzelius ist der Schwefel wegen seiner Polymorphie, nämlich in seinen beiden erwähnten Krystallformen und als amorpher Schwefel, als ein Körper in drei allotropischen Modificationen oder α Schwefel, β Schwefel und γ Schwefel zu betrachten. Ebenso sind auch die genannten Krystallformen des Kohlenstoffs und das Vorkommen desselben als Kohle drei allotropische Zustände oder Modificationen jenes Elements. Zeigen jedoch die Körper nicht allein eine Verschiedenheit in ihren physischen, sondern auch in ihren chemischen Eigenschaften, so gehören sie natürlich den isomeren an.

§. 189. Ein sehr schönes Beispiel des dimorphen Zustandes zusammengesetzter Körper liefert uns der so häufig vorkommende kohlen saure Kalk, welcher, wie schon früher erwähnt, zwei Modificationen bildet, indem er einmal als Kalkspath in rhomboëdischer Form und dann auch als Arragonit in geraden rhombischen Säulen krystallisirt. Die Krystallformen beider Modificationen gehören also einem verschiedenen Systeme an, nämlich der Kalkspath dem Hexagonalsystem und der Arragonit dem rhombischen System.

Früher hielt man solche dimorphe Körper für chemisch verschieden, da man die abweichende Krystallform von einer noch mit dem Körper verbundenen besondern Substanz herleitete. Man suchte z. B. die Ursache für die von dem Kalkspath abweichende Form des Arragonits in der demselben beigemengten geringen Spur von kohlsaurem Strontian. Jedoch hat man sich hinlänglich überzeugt, dass beide hauptsächlich aus kohlsaurem Kalk bestehen, und dass man den künstlich dargestellten kohlsauren Kalk in jenen beiden Formen erhalten kann, je nachdem man ihn bei verschiedenen Temperaturgraden aus seinen Lösungen präcipitirt. Wenn man nun auch wirklich sowohl hierdurch als auch durch das Erkennen des dimorphen Zustandes der Elemente von der Idee zurückkam, dass die Einmischung einer fremden Substanz eine andere Krystallform verursache, so möchte sie doch nicht ganz zu verwerfen sein, denn es ist wohl möglich, dass dieselbe auf das Lösemittel Einfluss hat; übrigens lässt sich über die Ursache der Dimorphie nichts Bestimmtes sagen. Merkwürdig ist aber jedenfalls der Umstand und dürfte daher nicht unerwähnt bleiben, dass so häufig wirklich eine bedeutende Abweichung der physikalischen Eigenschaften mit dem dimorphen Zustande der Körper verbunden ist, so dass nicht allein Härte, Glanz u. s. w. differiren, sondern sogar das specifische Gewicht nicht übereinstimmt. Um uns davon zu überzeugen, brauchen wir nur eins der früher erwähnten Beispiele zu berücksichtigen und die verschiedenen Zustände des Kohlenstoffs in physikalischer Hinsicht mit einander zu vergleichen. Im Diamant haben wir einen harten, farblosen, durchsichtigen Körper, einen Nichtleiter der Elektrizität, dessen specifisches Gewicht $= 3,5$ bis $3,55$ ist. Graphit dagegen ist schwarz, undurchsichtig, abfärbend, ein Leiter der Elektrizität, dessen specifisches Gewicht $= 2,09$ bis $2,33$.

Ebenso ist aber auch auffallend, dass oft neben den Krystallformen auch noch eine amorphe Modification vorkommt, wie es z. B. beim Schwefel und Kohlenstoff der Fall ist.

§. 490. Gewiss wird es von einigem Interesse und auch instructiv sein, wenn wir schliesslich hier einige der dimorphen Substanzen übersichtlich zusammenstellen; mögen daher mehrere der bekannteren dazu gewählt werden.

Schwefel.	{	Natürlich und aus seiner Lösung: Rhombisches
		Oktaëder. Rhombisches System.
Kohlenstoff	{	Geschmolzen und bei 444° erstarrend: Schiefe
		rhombische Säule. Klinorhombisches System.
Kupferoxydul	{	als Diamant: Reguläres Oktaëder. Reguläres System.
		als Graphit: Sechsseitiges Prisma. Hexagonalsystem.
	{	als Rothkupfererz: Reguläres Oktaëder. Reguläres System.
		als Kupferblüthe: Sechsseitige Säule. Hexagonalsystem.
	{	Kupferglanz: Gerade rhombische Säule. Rhombisches System.

Eisenbisulfuret (FeS_2 .)	{	als Schwefelkies: Würfel. Reguläres System. als Speerkies: Gerade rhombische Säule. Rhombisches System.
Arsenige Säure (AsO_3 .)	{	Gediegen und durch Sublimation: Oktaëder. Reguläres System. Glasartige: Rhombische Säule. Rhombisches System.
Kohlensaurer Kalk ($\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$.)	{	als Kalkspath: Rhomboëder. Hexagonal- system. als Arragonit: Rhombische Säule. Rhom- bisches System.
Kohlensaures Eisen- oxydul ($\text{FeO} \cdot \text{CO}_2$.)	{	als Spatheisenstein: Rhomboëder. Hexagonal- system. als Junkerit: Rhombische Säule. Rhombi- sches System.
Salpetersaures Kali ($\text{K} \cdot \text{O} \cdot \text{NO}_5$.)	{	Durch Abdampfen in kleiner Menge: Sechs- seitige Säule. Hexagonalsystem. Gewöhnliche Form: Rhombische Säule. Rhom- bisches System.

Isomorphie.

§. 194. Die mannichfachen Beobachtungen rastlos strebender Naturforscher haben zu der Erkenntniss eines Naturgesetzes geführt, nach welchem Körper von verschiedener chemischer Beschaffenheit aber analoger Zusammensetzung oder Gruppierung ihrer Atome eine Aehnlichkeit in ihrer Krystallform zeigen, und also ein Zusammenhang zwischen der chemischen Constitution oder Gruppierung der Atome und der äussern Form stattfindet. Diese Uebereinstimmung der Körper hat man Isomorphie (von ἴσος , gleich, und μορφή , Gestalt) genannt, und betrachtet die Körper, bei denen man die Aehnlichkeit beobachtet hat, als isomorphe.

Findet wirklich allgemein eine solche Beziehung zwischen der Lagerung der Atome und der äussern Form statt, so müssen folglich zwei chemisch verschiedene Körper von gleicher Krystallform in ihrer atomistischen Constitution übereinstimmen. Ist dieses Gesetz durchgreifend, so gewinnt dadurch die atomistische Theorie eine wesentliche Stütze, und die Krystallform für den Chemiker an Bedeutung. Wenigstens haben zahlreiche Thatsachen, welche durch Mitscherlich's Beobachtungen erkannt worden sind, bewiesen, dass Körper von ganz heterogener chemischer Zusammensetzung gleiche Krystallformen haben können, und dabei in ihrer Atomenzahl übereinstimmen. Wenn nun auch Gay-Lussac und Beudant den ersten Grundstein legten, indem sie, auf mehrere Beobachtungen gestützt, diese Idee aussprachen, so ist doch Mitscherlich als der eigentliche Begründer dieser Lehre anzusehen, und ihm ist die Erweiterung der von jenen angeregten Theorie zuzuschreiben. Mitscherlich war es auch, welcher solche mit einander übereinstimmende Körper als isomorphe bezeichnete und auf das Gesetz geführt wurde, dass von

einer gleichen Anzahl auf gleiche Weise verbundener Atome gleiche Krystallgestalt gebildet wird. Die ersten Beweise wurden Mitscherlich für die Aufstellung dieser Gesetze und für diese Theorien durch die Analogie der arseniksauren und phosphorsauren Salze gegeben, da sie sowohl mit gleicher Basis vereinigt denselben Sättigungsgraden entsprechen, und, mit gleicher Atomzahl Wasser verbunden, ein und dieselbe Krystallgestalt liefern. Mitscherlich wurde durch diese ersten Resultate zu dem Schluss geführt, dass sich solche Körper, welche rücksichtlich der Atomenzahl analoge Verbindungen eingehen, sich auch gegenseitig in ihren Verbindungen vertreten können, so dass unter die isomorphen Körper im allgemeinen Sinne solche zu zählen sind, welche in Bezug auf die Atomenzahl in gleicher Weise zusammengesetzt sind und sich in den Verbindungen gegenseitig vertreten können, wobei aber die Krystallform, eine etwaige Abweichung der Krystallwinkel ausgenommen, im Wesentlichen nicht geändert wird.

Denn nur die Formen, welche dem regulären Systeme angehören, können im wahren Sinne des Wortes wirklich isomorphie genannt werden; sämtliche Formen der anderen Systeme zeigen eine Abweichung in ihren Winkeln und verdienen daher passender als homöomorphe (von ὁμοῖος, ähnlich, und μορφή, ähnlich gestaltet) bezeichnet zu werden; denn jedenfalls ist eine solche Bezeichnung zum Unterschiede von den wirklich isomorphen correcter, wenn auch jener Ausdruck noch nicht allgemein eingeführt ist.

Die Reihe der als isomorph und respective als homöomorph erkannten Körper ist nicht unbeträchtlich, denn den Beobachtungen Mitscherlich's haben sich später auch viele andere Naturforscher angeschlossen und die Verfolgung ihres Strebens ist nicht unbelehnt geblieben, so dass jenem erkannten Naturgesetze eine gewisse Geltung in der wissenschaftlichen Chemie zugeschrieben werden kann. Denn es zeigt uns den Zusammenhang zwischen der Krystallform und chemischen Zusammensetzung, sowie darüber gemachte Beobachtungen uns eine Erklärung über einen wichtigen Theil der Theorie der Chemie liefern.

§. 492. Haben wir durch Vorstehendes uns einen allgemeinen Begriff über Isomorphie verschafft, so wird uns die Beleuchtung einiger wichtigen Thatsachen die Beziehung zwischen dem Chemismus und der äusseren Form noch klarer vorführen und uns lehren, wie Mitscherlich zu der Begründung dieser Theorie gelangt ist.

Die Salze der Arseniksäure (AsO_5) und der Phosphorsäure (PO_5) correspondiren rücksichtlich ihrer Zusammensetzung in den Verbindungen, welche sie mit Kali, Natron, Ammoniak, Baryterde und Bleioxyd eingehen, und wurden von Mitscherlich, da diese beiden Reihen von Salzen gleiche Krystallform zeigten, als isomorph erkannt; z. B. das gewöhnliche phosphorsaure Natron hat mit dem auf gleiche Weise zusammengesetzten arseniksauren Natron gleiche Krystallform. Eine herrliche Gruppe isomorpher Salze haben wir in denen der Schwefelsäure, Selensäure, Chromsäure, sämtlich aus 4 Atom Radical und 3 Atomen Sauerstoff zusammengesetzt.

Das Verhältniss der Isomorphie zeigt sich sowohl in ihrem wasserfreien Zustande, als auch dann, wenn sie mit gleich vielen Atomen Krystallwassers verbunden sind. Da jedoch die Krystallformen dieser Salze in der Neigung ihrer Winkel von einander abweichen, so können sie streng genommen nicht isomorph, sondern nur homöomorph genannt werden. Die Hauptform derselben ist ein Rhombenoktaëder und daher gehören sie dem rhombischen System an.

Ebenso werden die übermangansauren und überchlorsauren Salze als isomorphe oder vielmehr wegen einer Winkeldifferenz als homöomorphe betrachtet, und können sich in Krystallen vertreten. Wenn wir aber bedenken, dass in der Ueberchlorsäure 4 Aequivalent Chlor und 7 Aequivalente Sauerstoff, in der Uebermangansäure dagegen 2 Aequivalente Mangan und 7 Aequivalente Sauerstoff enthalten sind, so muss freilich angenommen werden, dass 4 Aequivalent Chlor in diesem Salze 2 Aequivalente Mangan ersetzen kann, ohne dass eine Formveränderung eintritt.

Besonders bemerkenswerth sind indessen die isomorphen Verbindungen, welche die Kohlensäure mit mehreren Metalloxyden bildet, und dahin gehören namentlich solche, welche der Mineralog als Spathe bezeichnet, wie der kohlensaure Kalk (Kalkspath) $= \text{CaO} \cdot \text{CO}_2$, kohlensaure Talkerde (Talkspath) $= \text{MgO} \cdot \text{CO}_2$, kohlensaures Eisenoxydul (Eisenspath) $= \text{FeO} \cdot \text{CO}_2$, kohlensaures Manganoxydul (Manganspath) $= \text{MnO} \cdot \text{CO}_2$ und kohlensaures Zinkoxyd (Zinkspath) $= \text{ZnO} \cdot \text{CO}_2$. Die Krystallformen dieser Salze stimmen, wenige Differenzen ausgenommen, überein; ihre Grundform ist ein Rhomboëder. Namentlich ist aber für ihre Isomorphie hervorzuheben, dass sie in ihren Krystallen vertreten werden können, denn in den genannten Verbindungen ist sehr häufig ein kleiner Theil von einer anderen enthalten, so z. B. im Spatheisenstein meistens etwas Manganoxydul, der Manganspath enthält dagegen etwas kohlensaures Eisenoxydul, kohlensauren Kalk oder kohlensaure Talkerde u. s. w.

Diesen sogenannten isomorphen Verbindungen der Kohlensäure mit verschiedenen Basen schliessen sich der kohlensaure Baryt, kohlensaure Strontian und das kohlensaure Bleioxyd (nach der mineralogischen Terminologie Witherit, Strontianit, Weissbleierz) an, welche in ihren Krystallformen, die dem rhombischen System angehören, auch annäherungsweise übereinstimmen. Mit einiger Abweichung sind demselben System mehrere isomorphe Verbindungen der Schwefelsäure untergeordnet, denn z. B. der schwefelsaure Baryt, schwefelsaure Strontian und das schwefelsaure Bleioxyd (oder Schwerspath, Cölestin und Bleivitriol) zeigen ähnliche Krystallformen unter einander.

Unter den kohlensauren Verbindungen zeigen sich einige nähere Beziehungen, die wir nicht unerwähnt lassen wollen; es zeigt z. B. der kohlensaure Kalk als Arragonit Isomorphie mit dem kohlensauren Baryt, kohlensauren Strontian und kohlensauren Bleioxyd.

Bis jetzt haben wir nur Fälle erwähnt, in denen Salze, und zwar Verbindungen von verschiedenen Säuren mit derselben Basis, so

wie verschiedene Basen mit einer und derselben Säure sich isomorph zeigen, und es ist nicht zu leugnen, dass sich an Salzen die Aehnlichkeit der Krystalle am besten beobachten lässt; aber man hat auch die Isomorphie bei Basen erkannt, so haben z. B. Thonerde, Eisenoxyd und Chromoxyd dieselbe Grundform in ihren Krystallen, nämlich ein Rhomboëder, und gehören also dem Hexagonalsystem an; ihre Zusammensetzung stimmt vollkommen überein, denn ihre Formeln lauten $\text{Al}_2 \text{O}_3$, $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ und $\text{Cr}_2 \text{O}_3$; die beiden ersten kommen in der Natur vor, die Thonerde als Korund, das Eisenoxyd als Eisenglanz. Hieran lassen sich die Doppelsalze dieser Basen anreihen, in denen sich ebenfalls die Isomorphie fortsetzt. Denn der Alaun oder das schwefelsaure Thonerde-Kali, das schwefelsaure Eisenoxyd-Kali und das schwefelsaure Chromoxyd-Kali sind tesseral gleich-krystallisirte Formen, denn sie haben sämmtlich ein regelmässiges Oktaëder und gleichen sich vollkommen in ihrer Zusammensetzung, so dass diese Doppelsalze als wirklich isomorphe betrachtet werden dürfen. Ihre Formeln sind folgende:

Schwefelsaures Thonerde-Kali (Alaun) $= \text{KO}, \text{SO}_3 + \text{Al}_2 \text{O}_3$.
 $3 \text{SO}_3 + 24 \text{HO}$.

Schwefelsaures Eisenoxyd-Kali (Eisenalaun) $= \text{KO}, \text{SO}_3 + \text{Fe}_2 \text{O}_3$.
 $3 \text{SO}_3 + 24 \text{HO}$.

Schwefelsaures Chromoxyd-Kali (Chromalaun) $= \text{KO}, \text{SO}_3 + \text{Cr}_2 \text{O}_3$.
 $3 \text{SO}_3 + 24 \text{HO}$.

Wir sehen, dass diese Verbindungen also sowohl rücksichtlich ihrer stöchiometrischen Formel als auch rücksichtlich ihrer Krystallform mit einander übereinstimmen und den beiden Hauptbedingungen der Isomorphie genügen. Gleichwohl verdient aber auch bemerkt zu werden, dass in diesen Alaunen durch Gay-Lussac die erste Thatsache für die Isomorphie entdeckt wurde, indem derselbe beobachtete, dass ein Krystall des gewöhnlichen Alauns, in eine Lösung von Ammoniak-Alaun geworfen, fortfährt sich zu vergrössern, ohne dabei seine Gestalt zu verändern.

§. 493. Sind nun auch diese letzteren dem Tesseralssystem angehörigen Fälle wirklich als isomorphe anzuführen, so überzeugen wir uns sehr leicht, dass die Mehrzahl nur als approximativ isomorphe oder als homöomorphe angesehen werden darf, wenn wir uns einige Beispiele der Winkeldifferenz geben, wiewohl diese bei manchen isomorph genannten Substanzen gering ist. Zum Beispiel die Endkantenwinkel des Rhomboëders der erwähnten kohlen-sauren Verbindungen weichen in folgender Weise von einander ab:

	Endkantenwinkel.
Kohlensaurer Kalk (Kalkspath) $= \text{CaO} \cdot \text{CO}_2$	$105^\circ 5'$
„ Eisenoxydul (Eisenspath) $= \text{FeO} \cdot \text{CO}_2$	$107^\circ 0'$
„ Manganoxydul (Manganspath) $= \text{MnO} \cdot \text{CO}_2$	$106^\circ 54'$
„ Zinkoxyd (Zinkspath) $= \text{ZnO} \cdot \text{CO}_2$	$107^\circ 40'$
„ Talkerde (Talkspath) $= \text{MgO} \cdot \text{CO}_2$	$107^\circ 25'$

Ebenso weichen die folgenden kohlen-sauren Verbindungen in den Winkeln ihres Prismas von einander ab:

Kohlensaurer Baryt (Witherit) = $\text{BaO} \cdot \text{CO}_2$	118° 30'
„ Strontian (Strontianit) = $\text{SrO} \cdot \text{CO}_2$	117° 46'
„ Bleioxyd (Weissbleierz) = $\text{Pl} \cdot \text{CO}_2$	117° 44'

Die Winkel derselben Form folgender Verbindungen sind ebenfalls abweichend:

Schwefelsaurer Baryt (Schwerspath) = $\text{BaO} \cdot \text{SO}_3$	104° 42'
„ Strontian (Cölestin) = $\text{SrO} \cdot \text{SO}_3$	104° 48'
„ Bleioxyd (Bleivitriol) = $\text{PlO} \cdot \text{SO}_3$	104° 32'

§. 194. Wollen wir nun auch, abgesehen von diesen geringen Verschiedenheiten, eine Uebereinstimmung zwischen der Krystallform und der atomistischen Constitution gelten lassen, so müsste dem zufolge auch der Schluss gemacht werden können, dass die gleiche Krystallform verschiedener Verbindungen stets eine gleiche atomistische Constitution voraussetzt; jedoch ist das nicht immer der Fall, denn es giebt viele Körper, die bei einer verschiedenen atomistischen Zusammensetzung dennoch gleiche Krystallform zeigen. Gegen jenen Schluss sprechen z. B. der Diamant und Magnet Eisenstein, welche beide in Oktaëdern krystallisiren und doch von ganz verschiedener Zusammensetzung sind; salpetersaures Kali und Arragonit, Schwefel und schwefelsaures Kali u. s. w.

§. 195. Wirft man nun endlich die Frage auf, welche sich dem obigen fraglichen Schluss ganz passend anreihen lässt, ob eine gleiche chemische Zusammensetzung immer eine gleiche Krystallform voraussetzt, so bedarf diese durchaus keiner weiteren Erörterung, denn dann müssten alle Salze, welche Basis und Säure in analoger atomistischer Zusammensetzung enthalten, eine gleiche Krystallform zeigen; dass dies nicht angenommen werden kann, ist uns hinreichend bekannt.

§. 196. Von besonderm Interesse ist übrigens die Erweiterung der Lehre der Isomorphie durch Kopp und Schröder, nach denen bei wirklich isomorphen Verbindungen das Atomvolumen von wesentlicher Wichtigkeit ist und vollkommen übereinstimmen muss, so dass die Identität isomorpher Substanzen sich nicht allein auf die Form und atomistische Constitution, sondern auch auf die Atomvolumina bezieht und folglich, um Körper im engeren Sinne isomorph nennen zu können, drei wesentliche Bedingungen erfüllt gedacht werden müssen; nämlich 1) analoge atomistische Zusammensetzung, 2) Uebereinstimmung in der Krystallform, 3) gleiches Atomvolumen (Aequivalentvolumen) oder relative Grösse der Atome.

Um uns die dritte Bedingung deutlicher zu machen, müssen wir noch sagen, die specifischen Gewichte isomorpher Körper verhalten sich wie ihre Aequivalent- oder Atomengewichte, d. h. diese letzteren müssen einen gleich grossen Raum einnehmen.

Es handelt sich also zunächst um die Erkenntniss der gleichen Gruppierung der Atome, welche durch die stöchiometrische Formel angegeben und durch die gleiche Krystallform bestätigt wird; das gleiche Atomvolumen aber wird uns, wie bekannt, durch die Ermittlung des Atomgewichts und der specifischen Gewichte gegeben.

Fragen wir uns nun aber, ob auch diese letztere Bedingung wirklich erfüllt wird, ob dann auch diese Atomvolumina übrigens isomorpher Körper gleich sind, so können wir uns nur sagen, dass dieses gewöhnlich nur annäherungsweise der Fall ist; dieses lehren uns schon sowohl die dem regulären Systeme angehörnden Alaune, als auch andere isomorph genannte Verbindungen, wenn wir die als Quotienten ihrer specifischen Gewichte in die Atomgewichte erhaltenen Atomvolumina mit einander vergleichen.

	Spec. Gew.	Atomgew.	Atomvol.
Schwefelsaures Thonerde-Kali (KO. SO ₃ + Al ₂ O ₃ . 3 SO ₃ + 24 HO) . . .	1,724 Kopp	5936,5	3443,4.
Schwefelsaures Chromoxyd - Kali (KO. SO ₃ + Cr ₂ O ₃ . 3 SO ₃ + 24 HO) . . .	1,848 derselbe	6295,8	3406,8.
Schwefelsaures Thonerde-Ammoniak (N ₂ H ₄ O. SO ₃ + M ₂ O ₃ . 3 SO ₃ + 24 Ho)	1,626 derselbe	5673,6	3489,2.
Schwefelsaures Eisenoxyd - Ammoniak (N ₂ H ₄ O. SO ₃ + F ₂ O ₃ . 3 SO ₃ + 24 HO)	1,712 derselbe	6009,7	3510,2.

Die diesen Doppelsalzen zu Grunde liegenden isomorphen Basen, Thonerde, Chromoxyd und Eisenoxyd variiren rücksichtlich ihrer Atomvolumina in folgender Weise:

	Spec. Gew.	Atomgew.	Atomvol.
Thonerde (Al ₂ O ₃)	3,562 Muschenbrock 3,534 Brisson	642,33	180,33. 181,93.
Künstlich erzeugtes Chromoxyd (Cr ₂ O ₃)	5,24 Wöhler	4003,6	192,63.
Eisenoxyd (Fe ₂ O ₃)	5,251 Mohs 5,24 { Leonhard 5,30 }	978,43	186,33. 186,72. 184,61.
Künstlich dargestelltes	5,225 Boullay		187,26.

Anmerkung. Die Angaben des specifischen Gewichts der Thonerde variiren zwischen 3,909 und 4,023; sie sind mit dem Korund vorgenommen, welcher stets mit schweren Substanzen vereinigt ist, woher die Abweichungen des specifischen Gewichts zu erklären sind.

§. 197. Berücksichtigen wir nun auch die Atomvolumina der als approximativ angeführten isomorphen Verbindungen der Kohlensäure, so wird uns folgendes Beispiel darüber belehren:

	Spec. Gew.	Atomgew.	Atomvol.
Kalkspath (CaO. CO ₂)	2,724 Mohs	632,46	234,43.
Eisenspath (FeO. CO ₂)	3,829 derselbe 3,872 Naumann	715,65	186,90. 184,82.
Manganspath (MnO. CO ₂)	3,592 Mohs	722,34	201,4.
Zinkspath (ZnO. CO ₂)	4,442 derselbe	779,67	175,52.
Talkspath (MgO. CO ₂)	3,061 { Mohs 3,112 }	534,79	178,20. 171,85.
	2,808 Breithaupt		190,45.
	2,88 { Naumann		185,69.
	2,97 }		180,06.

Die anderen mit einander als isomorph aufgeführte kohlen-saure Verbindungen haben nachstehende Atomvolumina:

	Spec. Gew.	Atomgew.	Atomvol.
Witherit (BaO CO_2)	4,302 Karsten	1233,3	286,68.
	4,304 Mohs		286,75.
	4,338 Kirwen		284,30.
Strontianit (SrO CO_2)	3,605 Mohs	923,73	256,24.
	3,625 Karsten		254,82.
Weissbleierz (PbO CO_2)	6,465 Mohs	1670,9	258,46.
	6,428 Karsten		259,94.
Arragonit (Ca CO_2)	2,934 Mohs	632,46	215,78.

Die Atomvolumina der isomorphen schwefelsauren Verbindungen werden hier ebenfalls mitgetheilt:

	Spec. Gew.	Atomgew.	Atomvol.
Schwerspath (BaO SO_3)	4,2 Karsten	1458,1	347,15.
	4,446 Mohs		327,95.
Cölestin (SrO SO_3)	3,588 Karsten	1148,5	320,08.
	3,953 Breithaupt		290,52.
Bleivitriol (PbO SO_3)	6,169 Karsten	1895,7	307,29.
	6,298 Mohs		304,00.

§. 498. Wir überzeugen uns durch diese Beispiele, dass eine Differenz der Atomvolumina isomorpher Verbindungen stattfindet, und müssen zugeben, dass, wenn wir sämtliche als isomorph bekannte Substanzen durchgehen, dies bei allen der Fall ist*); jedoch ist die Differenz bei den meisten sehr gering, und, wie wir gesehen haben, bei den isomorphen Verbindungen des regulären Systems sehr unbedeutend. Es ist aber nun auch möglich, dass solche Differenzen, namentlich bei natürlich vorkommenden isomorphen Substanzen die Folge fremder Beimischungen sind. Werden übrigens analog zusammengesetzte Körper von gleicher Krystallform trotz ihrer Winkeldifferenz als isomorphe betrachtet, so ist es auch verzeihlich, wenn die geringere Abweichung der Atomvolumina übersehen wird, wiewohl, streng genommen, wie schon früher erwähnt, bei dem Stattfinden der Winkel- und Atomvolumen-Differenzen nur von einer Homöomorphie die Rede sein kann.

§. 499. Da nun aber die Beispiele und überhaupt sämtliche angestellte Beobachtungen für solche Differenzen sprechen, so drängt sich uns unwillkürlich die Frage auf, ob diese zu einander in Beziehung stehen; eine Frage, die Kopp zuerst durch seine hierbei angestellten Beobachtungen zu erledigen suchte.

Hierüber wird uns am besten Aufschluss gegeben, wenn wir die Endkantenwinkel des Rhomboëders der schon öfter als Beispiele gewählten kohlensauren Salze mit ihren Atomvolumen vergleichen:

*) Siehe Scheerer's Abhandlung im Handwörterbuche der Chemie (von Liebig, Poggendorff und Wöhler) Bd. IV pag. 163.

	Endkantenwinkel.	Atomvol.
Zinkspath	$107^{\circ} 40'$	175,33.
Talkspath	$107^{\circ} 25'$	181,25.
Mesitinspathh . .	$107^{\circ} 14'$	186,26.
Eisenspath	$107^{\circ} 0'$	188,80.
Manganspath . . .	$106^{\circ} 15'$	201,1.
Bitterkalk	$106^{\circ} 51'$	202,36.
Kalkspath	$105^{\circ} 5'$	232,43.

Diese Zusammenstellung zeigt uns, dass die Winkel zwischen $107^{\circ} 40'$ bis $105^{\circ} 5'$ variiren und dass die Abnahme der Winkel mit der Zunahme der Atomvolumina erfolgt, woraus sich der Schluss ziehen lässt, dass der Endkantenwinkel vom Atomvolumen abhängt oder wenigstens die Atomvolumina zu den Endkantenwinkeln in einem gewissen Verhältniss stehen.

Wenn wir nun bedenken, dass das specifische Gewicht eines Körpers beim Erwärmen abnimmt und sein Atomvolumen zunehmen muss, und dass dabei nach Mitscherlich der Rhomboëderwinkel weniger stumpf wird, so ist es auch klar, dass einer dieser Spathe durch Erwärmen der Grösse eines anderen entsprechen kann. Denn ein Krystall dehnt sich durch Erwärmen nicht nach allen Richtungen aus, sondern er muss sich nach den verschiedenen Axen ungleich ausdehnen.

Angenommen, dass die Atomvolumina isomorpher Körper wirklich annäherungsweise übereinstimmen, so ist doch dies nicht immer der Fall, obgleich häufig ungleiche Atomvolumina in einem einfachen Verhältniss zu einander stehen.

§. 200. Wiewohl durch manche Fälle Beweise für eine gewisse Beziehung zwischen der atomistischen Constitution und der Krystallform der Körper, sowie für die annäherungsweise übereinstimmenden Atomvolumina isomorpher Substanzen gegeben sind, so kann trotzdem von einem allgemeinen Naturgesetze wohl keine Rede sein; denn so schön die Lehre von der Isomorphie auch ist, und so trefflich sie uns auch, wie wir gesehen haben, in manchen Fällen leiten kann, so ist thatsächlich bekannt, dass es viele Substanzen giebt, welche bei verschieden chemischer Zusammensetzung und atomistischer Constitution gleiche oder wenigstens approximativ gleiche Krystallform besitzen.

§. 201. Ehe wir aber dieses Thema verlassen, wollen wir noch eine Eintheilung der Elemente von Graham erwähnen, wiewohl namentlich von Kopp hinreichend bewiesen ist, dass von isomorphen Verbindungen nicht auf isomorphe Elemente geschlossen werden kann. Diese Classification dürfte aber desshalb von einigem Interesse sein, da sie verschiedene Gruppen der Elemente giebt, welche zusammen isomorphe Verbindungen liefern:

Gruppe a) Schwefel, Selen, Tellur, Sauerstoff. Diese drei ersten Elemente zeigen eine grosse Aehnlichkeit in ihrem chemischen Verhalten und bilden Säuren, deren Salze als isomorphe Verbindungen weiterer Säuren zu betrachten sind. Den Sauerstoff dagegen hat jedoch Graham wohl nur aus dem Grunde

mit diesen vier Elementen zusammengestellt, weil er eine Aehnlichkeit im chemischen Verhalten mit ihnen zeigt, denn als isomorphe Verbindungen bildender Körper kann er nicht aufgeführt werden.

Gruppe b) Magnesium, Calcium, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, Zink, Cadmium, Kupfer, Wasserstoff, Chrom, Vanadium, Aluminium, Beryllium, Zirconium, Yttrium, Thorium. Als vorzugsweise isomorphe Verbindungen bildende Metalle können das Magnesium, Zink, Cadmium, Eisen, Mangan, Nickel, Kobalt angesehen werden. Diesen schliesst sich das Calcium an. Den isomorphen Verbindungen des Eisens können die des Aluminiums und Chroms und auch wohl des Berylliums an die Seite gestellt werden. Jedoch ist hierbei zu bemerken, dass, wie auch aus unsern Beispielen hervorgeht, hier nur das Chromoxyd gemeint sein kann, denn die Salze der Chromsäure bilden mit denen der Schwefelsäure isomorphe Verbindungen, denen sich die Mangansäure anschliesst; streng genommen würde also dieses zwischen den Gruppen *a* und *b* stehen müssen. Ebenso werden auch die Salze der Vanadsäure als isomorph mit denen der Chromsäure betrachtet. Das Zirconium ist hineingereiht worden, weil seine Fluorverbindung mit der des Aluminiums und Eisens isomorph ist. Yttrium und Thorium sind nicht als isomorphogene Elemente zu betrachten, und wohl desshalb in diese Gruppe eingereiht worden, weil ihre Oxyde, aus den übrigen Erden analog zusammengesetzt, sich diesen annähern. Den Wasserstoff hat Graham aus dem Grunde mit unter die isomorphogenen Elemente gezählt, weil nach seiner Ansicht das Wasser zu den Basen in isomorpher Beziehung steht.

Ausserdem ist dem Uran, Norium, Erbium und Terbium hier noch ein Platz gegeben worden; jedoch ist dies nur wegen einiger chemischer Aehnlichkeit geschehen; denn selbst homöomorphe Verbindungen sind von ihnen nicht bekannt.

Cer, Lanthan und Didym führt Graham als eine besondere Gruppe auf, die sich der vorhergehenden anschliesst.

Gruppe c) Barium, Strontium, Blei. Diese Elemente können wirklich als isomorphogene aufgeführt werden, denn sie bilden eigentlich isomorphe Verbindungen.

Gruppe d) Kalium, Ammonium, Natrium, denen sich das Silber anschliesst. Das Kalium und Ammonium bilden mit denselben Säuren isomorphe Salze; die Oxyde des Natriums und Silbers bilden mit Schwefelsäure isomorphe Salze.

Gruppe e) Chlor, Brom, Jod bilden isomorphe Verbindungen, z. B. Chromnatrium, Bromnatrium, Jodnatrium sind analog in ihrer Zusammensetzung und Krystallform (Würfel). Auch die der Chlorsäure, Jodsäure und Bromsäure bilden isomorphe Salze, z. B. die Ueberchlorsäure-Salze mit den Ueberjodsäure-Salzen; ausserdem ist uns bekannt geworden, dass die überchlorsauren Salze mit den übermangan-sauren Salzen isomorph sind.

Gruppe f) Phosphor, Arsen, Antimon, Stickstoff. Dass an den arsenik- und phosphorsauren Salzen zuerst die Iso-

morphie entdeckt wurde, wissen wir aus dem früher Gesagten; das Oxyd des Antimons ist als isomorph mit der arsenigen Säure zu betrachten. Der Stickstoff kann insofern als Isomorphie erzeugendes Element angesehen werden, da seine Verbindung mit Wasserstoff als Ammoniak isomorphe Verbindungen bildet.

Gruppe g) Zinn und Titan. Isomorph sind Zinnoxid und Titansäure.

Gruppe h) Silber, Gold. Diese beiden Elemente sind in ihrem isolirten oder metallischen Zustande isomorph.

Gruppe i) Platin, Palladium, Iridium, Osmium. Sie bilden isomorphe Doppelchloride; z. B. Kalium-Platinchlorid, Ammonium-Platinchlorid. Den Doppelchloriden ist bei gleicher Constitution gleiche Krystallform eigenthümlich, denn sie krystallisiren sämmtlich in Oktaëdern.

Gruppe k) Wolfram und Molybdän. Die Eigenschaft dieser Elemente, isomorphe Verbindungen zu erzeugen, legt sich in den wolframsauren und molybdänsauren Salzen an den Tag.

Gruppe l) Zu dieser letzten Gruppe zählt Graham wegen einer allgemeinen Aehnlichkeit den Kohlenstoff, Brom, Kiesel; jedoch ist bis jetzt an ihnen keine Isomorphie beobachtet worden.

An den Elementen, welche hier nicht in diese Gruppen eingereiht sind, oder vielmehr an den Verbindungen derselben hat man noch keine Isomorphie wahrgenommen. Man könnte daher jene Elemente, denen die Fähigkeit eigen ist, isomorphe oder wenigstens annäherungsweise isomorphe (d. h. homöomorphe) Verbindungen zu erzeugen, nicht unpassend isomorphogene (von ἰσος $\mu\omicron\rho\rho\eta$ und $\gamma\epsilon\nu\nu\acute{\alpha}\omega$, ich erzeuge) also Isomorphie-erzeugende, nennen, wie bereits einige mal im Vorliegenden geschehen ist; freilich müsste dann die Mehrzahl der Elemente streng genommen Homöorphogene genannt werden, denn die Zahl der isomorphe Verbindungen erzeugenden Elemente ist in den hier aufgezählten Gruppen sehr weit ausgedehnt.

§. 202. Ueber die Isomorphie organischer Verbindungen ist noch sehr wenig bekannt, doch ist zu vermuthen, dass es viele Fälle des sogenannten polymeren Isomorphismus*) unter

*) Polymere Isomorphie ist nicht als Isomorphie im engeren Sinne, sondern als Homöomorphie aufzufassen. Nach Scheerer schliesst dieselbe alle solche Fälle in sich, in denen nicht ein Atom durch ein Atom, sondern ein Atom durch n Atome, oder vielmehr n Atome durch n Atome ersetzt werden. Es ist zu bemerken, dass bei der polymeren Isomorphie nur ausschliesslich von der Gleichheit oder Aehnlichkeit der äussern Krystallgestalt, aber niemals von einer Uebereinstimmung der Form die Rede sein kann, welche sich bis auf das einzelne Atom erstreckt.

Beispiel. Essigsäures Kupferoxyd und buttersäures Kupferoxyd zeigen gleiche Krystallform; jedoch ist ersteres $= \text{CuO} \cdot \text{C}_4 \text{H}_7 \text{O}_3 + \text{HO}$, letzteres $= \text{CuO} \cdot \text{C}_8 \text{H}_7 \text{O}_3 + \text{HO}$, zusammengesetzt (Lies). Hiernach würde also $\text{C}_4 \text{H}_7$ durch $\text{C}_8 \text{H}_7$ ersetzt betrachtet werden müssen.

Die beiden Minerale Cordierit und Aspasiolith zeigen ganz gleiche Krystallform, indem sie beide in geraden rhombischen Prismen krystallisiren, aber rücksichtlich ihrer übrigen physikalischen Eigenschaften und chemischen Zusammensetzung sind sie von einander wesentlich verschieden. Cordierit 32,95 $\text{Al}_2 \text{O}_3$, 12,76 MgO , 1,12 CaO , 0,96 FeO , 50,44 SiO_2 , 1,02 HO . Aspa-

ihnen giebt, worüber sich nun freilich erst dann entscheiden lässt, wenn man sich mehr mit der Vergleichung der krystallisirten Verbindungen organischer Natur beschäftigt hat.

Nach Laurent sind z. B. nachstehende organische Verbindungen als isomorph oder wenigstens als homöomorph zu betrachten: Nitrospirolsäure $N_2 C_{12} H_4 O_{10}$, Pikrinsalpetersäure $N_3 C_{12} H_3 O_{14}$, Chlorspirolsäure $C_{12} H_3 O_2 Cl_3$, Bromspirolsäure $C_{12} H_3 O_2 Br_3$, und ebenso die Ammoniakverbindungen der ersten beiden Säuren.

Auch das Aetheroxamid und Chlorätheroxamid werden als isomorph betrachtet, wiewohl nach Mitscherlich's Angabe (Pogg. Annal. 53, 404) nur die Winkel der Endflächen, aber nicht die der Seitenflächen mit einander übereinstimmen.

§. 203. Schliesslich möge eine kleine Tabelle die gewöhnlich für wirklich isomorph gehaltenen Elemente und Verbindungen, nebst Bemerkung ihrer Atomvolumina (oder Quotienten ihrer specifischen Gewichte in die Atomgewichte), genannt werden.

	I.	Atomvol.
Eisen (Fe.)		45
Mangan (Mn.)		44
Nickel (Ni.)		44
Kobalt (Co.)		44
Kupfer (Cu.)		44
	II.	
Platin (Pl.)		57
Palladium (P. O.)		57
Osmium (Os.)		57
Iridium (Ir.)		57
Titan (Ti.)		56
Zink (Zn.)		58
	III.	
Gold (Au.)		128
Silber (Ag.)		130
	IV.	
Brom (Br.)		326
Chlor (Cl.)		320
Jod (J.)		320
	V.	
Talkerde (MgO.)		78
Kupferoxyd (CuO.)		78
	VI.	
Manganoxydul (MnO.)		94
Zinkoxyd (ZnO.)		90

siolith weicht durch einen geringeren Gehalt an Talkerde und einer bedeutenden Menge Wassers davon ab. (Siehe übrigens Scheerer's Abhandlung, welche als selbständige Schrift erschienen ist und sich im früher erwähnten Handwörterbuche befindet.)

VII.		Atomvol.
Selenblei (PbSe.)		203
Bleiglanz (PbS.)		493
VIII.		
Chlorsilber (AgCl.)		320
Chlornatrium (NaCl.)		325
IX.		
Titansäure (TiO ₂ .)		430
Zinnoxid (ZnO ₂ .)		435
X.		
Antimonoxid (LbO ₃ .)		331
Arsenige Säure (AsO ₃ .)		332
XI.		
Thonerde (Al ₂ O ₃ .)		484
Eisenoxid (Fe ₂ O ₃ .)		486
XII.		
Strontianit (SrO. CO ₂ .)		256
Weissbleierz (PbO. CO ₂ .)		258
XIII.		
Zinkspath (ZnO. CO ₂ .)		476
Talkspath (MgO. CO ₂ .)		478
XIV.		
Manganspath (MnO. CO ₂ .)		200
Dolomit (MgO. CO ₂ + CaO. CO ₂ ?)		204
XV.		
Salpetersaurer Strontian (SrO. NO ₅ .)		458
„ Bleioxid (PbO. NO ₅ .)		474
XVI.		
Nickelvitriol (NiO. SO ₃ + 7 HO.)		862
Zinkvitriol (Zn. SO ₃ + 7 HO.)		880
Schwefelsaure Talkerde (MgO. SO ₃ + HO.)		893
XVII.		
Schwefelsaures Manganoxydul - Ammoniak (MnO. SO ₃ + NH ₄ O. SO ₃ + 6 HO.)		4263
Schwefelsaures Zinkoxyd-Kali (ZnO. SO ₃ + KO. SO ₃ + 6 HO.)		4289
Schwefelsaures Nickeloxydul - Ammoniak (NiO. SO ₃ + NH ₄ O. SO ₃ + 6 HO.)		4289
Schwefelsaures Nickeloxydul-Kali (NiO. SO ₃ + KO. SO ₃ + 6 HO.)		4289
Schwefelsaure Talkerde - Ammoniak (MgO. SO ₃ + NH ₄ O. SO ₃ + HO.)		4346
Schwefelsaures Kupferoxyd-Kali (CuO. SO ₃ + KO. SO ₃ + 6 HO.)		4302
Schwefelsaures Kupferoxyd - Ammoniak (CuO. SO ₃ + NH ₄ O. SO ₃ + 6 HO.)		4420

XVIII. Alaune.

Schwefelsaures Thonerde-Kali ($\text{KO} \cdot \text{SO}_3 + \text{Al}_2 \text{O}_3 \cdot 3 \text{SO}_3 + 24 \text{HO} \cdot$)	3472
Schwefelsaures Chromoxyd - Kali ($\text{KO} \cdot \text{SO}_3 + \text{Cr}_2 \text{O}_3 \cdot 3 \text{SO}_3 + 24 \text{HO} \cdot$)	3380
Schwefelsaures Thonerde-Ammoniak ($\text{NH}_4 \text{O} \cdot \text{SO}_3 + \text{Al}_2 \text{O}_3 \cdot 3 \text{SO}_3 + 24 \text{HO} \cdot$)	3472
Schwefelsaures Eisenoxyd - Ammoniak ($\text{NH}_4 \text{O} \cdot \text{SO}_3 + \text{Fe}_2 \text{O}_3 \cdot 3 \text{SO}_3 + 24 \text{HO} \cdot$)	3472

XIX.

Kobaltkies ($\text{Co}_2 \text{S}_3$)	212
Speisekobalt ($\text{Co As} \cdot$)	207

XX.

Nickelglanz ($\text{NiS}_2 + \text{Ni As} \cdot$)	324
Glanzkobalt ($\text{CoS}_2 + \text{Co As} \cdot$)	330

Die hier aufgeführten Körper gehören ihrer Gestalt nach folgenden Systemen an: I. II. III. Gleich krystallisirte Formen des Tesseralsystems. IV. Wahrscheinlich gleich krystallisirte. V. VI. VII. VIII. Tesseralsystem. IX. Quadratisches System. X. Tesseralsystem. XI. Hexagonalsystem. XII. Rhombisches System. XIII. XIV. Hexagonalsystem. XV. Tesseralsystem. XVI. Rhombisches System. XVII. Klinorhombisches System. XVIII. XIX. XX. Tesseralsystem.

Anmerkung. Uebrigens muss hinzugefügt werden, dass diese Tabelle, welche aus Scheerer's Abhandlung zusammengestellt wurde, manche Körper enthält, welche dennoch einigen Zweifel über ihre Isomorphie erregen, wie z. B. die unter XV. aufgeführten Verbindungen, das erste und letzte der unter XVII. als isomorph aufgeführten Doppelsalze u. s. w. Die Mehrzahl der tesseral gleich krystallisirten Chlor-, Jod- und Brommetalle sind ebenfalls eigentlich nur homöomorph zu nennen. Vor Allem haben wir aber uns im Allgemeinen zu merken, dass im isolirten Zustande isomorphe Körper nicht immer Verbindungen hervorrufen, die auch Isomorphie zeigen.

III.

Mathematisch - chemischer Theil.

Vorbemerkung.

Der mathematische Theil wird uns die für die chemischen Rechnungen nothwendigen mathematischen Hülfsmittel lehren, und uns eine kurze Anleitung zu chemischen Rechnungen geben. Da bereits die rein theoretische Seite der stöchiometrischen Gesetze dem theoretisch - chemischen Theile einverleibt worden ist, so wurde es für zweckmässig erachtet, dieser Anleitung nur eine kurze historische Entwicklung der wichtigsten stöchiometrischen Gesetze vorausgehen zu lassen und hauptsächlich auf das Wesentlichste der angewandten Stöchiometrie Rücksicht zu nehmen.

Zehntes Capitel.

Die für mathematisch - chemische Rechnungen wichtigsten
Grundlehren aus der Arithmetik.

§. 204. So wichtig und nothwendig auch das tiefere Studium der Mathematik im Allgemeinen für die Naturwissenschaften ist, so wünschenswerth es erscheint, dass auch der Chemiker sich mit den mathematischen Principien vertraut gemacht hat, so legen sich doch auch denjenigen keine Schwierigkeiten in den Weg, welche der Mathematik mehr fremd blieben, die gewöhnlich vorkommenden mathematisch - chemischen Rechnungen auszuführen. Denn streng genommen bedarf es hierzu nur der Kenntniss der Decimalbrüche, der einfachen Gleichungen und Proportionslehre u. s. w.; wir wollen daher hier dieser mathematischen Operationen so weit gedenken, als sie in Bezug auf die sogenannten stöchiometrischen Rechnungen erforderlich sind; wiewohl diese Erörterungen nur für

diejenigen von Interesse und Nutzen sein können, welche sich nicht mit der Mathematik beschäftigten.

Vom Decimalbruch.

§. 205. Denkt man sich eine Einheit in mehrere gleiche Theile zerlegt, so erhält man eine gebrochene Zahl oder einen Bruch; geschieht dies z. B. in 2, 3, 4, 5 oder n gleiche Theile, so erhalten wir die Brüche: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{n}$ u. s. w. Wie hieraus hervorleuchtet, giebt die unter dem horizontalen Strich befindliche Zahl die Theile an, in welche die Einheit zerlegt ist, und heisst daher der Nenner, wogegen die über dem horizontalen Strich befindliche Einheit der Zähler genannt wird, indem derselbe angiebt, wie viel mal die Theile genommen werden müssen, um die erforderliche Grösse auszudrücken. Sind also die Theile jener zerlegten Einheit 2, 3, 4 mal zu nehmen, so erhalten wir $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$. Sind Nenner und Zähler gleich, so erhalten wir die Einheit, z. B. $\frac{2}{2} = 1$ u. s. w. Ist der Zähler grösser als der Nenner, so nennt man den Bruch unecht. Wird dieser aus der Einheit gebildet, so hat man mehrere von den gleichen Theilen zu setzen, als die Anzahl angiebt, worin sie zuvor zerlegt wurde, daher sind z. B. $\frac{8}{5}$, $\frac{7}{4}$, $\frac{5}{3}$ u. s. w. unechte Brüche, ein unechter Bruch ist also grösser als eine Einheit.

Dass nun aber beide Arten von Brüchen angenommen werden können, ergiebt sich sowohl aus der Entstehung des Bruches, als auch aus dem Satze, dass das Resultat einer jeden Division einem Bruche gleich gesetzt werden darf, der den Dividend zum Zähler und den Divisor zum Nenner hat.

§. 206. Hat ein Bruch eine 10 oder ein Product aus Zehnen zum Nenner, so wird er Decimalbruch genannt; so dass man z. B. $\frac{4}{10}$, $\frac{45}{100}$, $\frac{128}{1000}$ u. s. w. ($\frac{2731}{10000}$ unechter Decimalbruch) als Decimalbruch zu betrachten hat; jedoch ist die Bezeichnung derselben eine andere wie die der gewöhnlichen Brüche und wie sie hier angegeben ist.

Hat man es mit einem unechten Decimalbruche zu thun, so wird die Einheit durch ein Komma von den Zehnen, Hunderten, Tausenden u. s. w., welche hinter das Komma in ihrer Rangfolge gesetzt werden, getrennt, und zwar in der Weise, dass man ganz einfach die Zähler in Form von ganzen Zahlen auf das Komma folgen lässt. Da nun bekanntlich der Werth der Zahlen von der Rechten zur Linken wächst, so müssen natürlich die Zehner zuerst nach dem Komma folgen, den zweiten Platz die Hunderte, den dritten die Tausende, den vierten die Zehntausende, den fünften die Hunderttausende, den sechsten die Millionentheilen einnehmen. Wollen wir einen echten Bruch ausdrücken, so haben wir an die Stelle der Einheit (also von der Linken zur Rechten vor das Komma) eine 0 zu setzen. Wir müssen daher folgende Decimalbrüche a) $\frac{4}{10}$, b) $\frac{48}{100}$, c) $\frac{128}{1000}$, d) $\frac{2344}{10000}$, e) $\frac{56745}{100000}$, f) $\frac{589347}{1000000}$

wie folgt schreiben: a) 0,4, b) 0,48, c) 0,428, d) 0,2344, e) 0,56745, f) 0,589347. Dagegen müssen die unechten Brüche, wie z. B. $\frac{2731}{1000}$, $\frac{68945}{10000}$, $\frac{793462}{100000}$, in dieser Weise ausgedrückt werden: 2,731. 6,8945. 7,94562.

Wird nun dieses Komma oder der sogenannte Decimalstrich um eine Stelle zur Rechten hin vorgerückt, so nimmt jede in dem Bruche vorkommende Ziffer einen um 1 höheren Rang ein. Wenden wir dies auf die eben erwähnten Beispiele an, so erhalten natürlich die darin enthaltenen Zahlen einen ganz anderen Werth, als ihnen in denselben untergelegt wurde, denn dann sind aus den Zehnthellen Ganze, aus den Hunderthellen Zehnthelle, aus den Tausenden Hunderte, den Zehntausenden Tausende, den Hunderttausenden Zehntausende, aus den Millionthellen Hunderttausendtheile entstanden, oder vielmehr die ganze Decimalzahl ist mit 10 multiplicirt worden; rückt das Komma aber nun um zwei Stellen vor, so ist eine jede Decimalstelle oder die Zahl derselben mit 100 multiplicirt worden, z. B. $0,428 \cdot 10 = 4,28$; $2,731 \cdot 100 = 273,1$; $0,56745 \cdot 1000 = 567,45$ u. s. w. Dem allgemeinen Gesetze zufolge wird also durch das Vorrücken des Decimalstrichs von der Linken zur Rechten die Anzahl der Stellen des Ranges angegeben, welchem die Einheit höherer Ordnung angehört, mit der der Decimalbruch multiplicirt werden soll; ebenso auch wird durch das Vorrücken des Decimalbruchs von der Rechten zur Linken die Anzahl der Stellen der höheren Ordnung angegeben, um welche der Bruch dividirt werden soll. Man kann also auf diese Weise einen Bruch multipliciren und dividiren.

§. 207. Die Grundoperationen mit Decimalbrüchen lassen sich sehr leicht ausführen, wie schon aus dem Angeführten hervorgeht. Sollen also zunächst Decimalbrüche addirt werden, so hat man bei denen, welche einen Decimalstrich führen, die gleichartigen Theile durch Untereinandersetzen zusammenzuordnen, was sich sowohl auf die zur Linken des Decimalstrichs stehenden ganzen Zahlen, als auch auf ihre Decimalstellen bezieht, deren Zähler gleiche Nenner haben; übrigens verfährt man wie bei der Addition ganzer Zahlen,

z. B. 5,3467

2,48352

0,7404

246,485

224,72532

oder: $5,3467 + 2,48352 + 0,7404 + 246,485 = 224,72532$.

Bei der Subtraction befolgt man dieselbe Anordnung und verfährt ebenfalls wie bei der Subtraction der ganzen Zahlen:

z. B. 9,3567

4,2478

9,4085

434,34789

442,25869

22,08920

oder: $9,3567 - 4,2478 = 5,4089$; $434,34789 - 442,25869 = 22,08920$.

Für die Multiplication der Decimalbrüche hat man die Regel zu beobachten, dass man die Zähler der Decimalbrüche wie ganze

Zahlen behandelt, ihr Product berechnet und den Decimalstrich so schreibt, als die Summe der Decimalstellen verlangt. Jedoch ist hierbei natürlich zu berücksichtigen, dass das Product eine höhere Einheit wird, deren Rang durch die Summe der Decimalstellen der Factoren bestimmt wird;

$$\begin{aligned} \text{z. B. } 0,43 \cdot 0,004 &= 0,00052. \\ 0,44 \cdot 0,66 &= 0,2904. \\ 446,3 \cdot 0,064 &= 7,2006. \\ 0,7364 \cdot 46 &= 41,7776. \end{aligned}$$

Für die Operation der Division der Decimalbrüche hat man sich folgende Regeln zu merken:

1) Ist der Dividend eine ganze Zahl, so multiplicirt man denselben mit dem Nenner des Decimalbruchs oder der höhern Einheit, oder mit anderen Worten: man hängt dem Dividend so viele Nullen an, wie der Divisor Decimalstellen enthält und dividirt durch den Zähler desselben mit weggelassenem Decimalbruch, z. B.: $564 : 0,46 = 56400 : 46 = 35200$.

2) Ist der Dividend auch ein Decimalbruch und enthält derselbe ebenso viele Decimalstellen als der Divisor, so ist natürlich der Nenner bei beiden gleich und hebt sich gegenseitig auf; man hat also dann nur den Zähler des Divisors in den des Dividenden zu dividiren. Dies geschieht, indem man die Decimalstriche bei beiden Brüchen weglässt und die Division wie mit ganzen Zahlen ausführt, wodurch man den gesuchten Quotienten erhält: $2,328 : 0,024 = 95$.

3) Enthält der Divisor weniger Decimalstellen als der Dividend, so dividire man mit Weglassung der Decimalstriche, und schneide in dem Quotienten von der Rechten zur Linken so viele Decimalstellen ab, wie im Dividend deren mehr als im Divisor enthalten sind, z. B.: $3,642 : 0,6 = 6,02$; $0,693225 : 0,027 = 25,675$.

NB. Da im ersten Beispiele der Dividend 2 Decimalstellen mehr hat als der Divisor, so müssen im Quotient 2 Stellen abgeschnitten werden, und ebenso im Quotienten des zweiten Beispiels 3, weil der Dividend 3 Stellen mehr als der Divisor enthält.

4) Sind im Dividend weniger Decimalstellen, als im Divisor enthalten, so fülle man in denselben die fehlenden Decimalstellen durch Nullen aus, damit die Anzahl der Stellen denen des Divisors entspricht, und dividire dann wie gewöhnlich; im Quotienten aber rücke man das Komma um so viele Stellen nach seiner niedrigsten Ziffer hinunter, als die Differenz eben jener Mengen Einheiten enthält, z. B.: $9682,04 : 0,0242 = 456,7$.

Geht aber der Divisor nicht vollständig in den bestimmten Dividenden auf, so hängt man an diesen letzteren noch Nullen an, jedoch ist dabei zu berücksichtigen, dass das Komma nach den gegebenen Regeln bestimmt werden muss, bevor man dem Dividend die erste Null anhängt. Dieses kann man so lange fortsetzen, bis man die für die Genauigkeit erforderlichen Decimalstellen erhalten hat.

§. 208. Oft ist es nöthig, einen gewöhnlichen oder gemeinen

Bruch in einen Decimalbruch zu verwandeln, wiewohl nicht immer ein solcher Bruch in einen Decimalbruch verwandelt werden kann, der ihm genau entspricht; in solchen Fällen kann man jedoch einen Decimalbruch dafür angeben, welcher ihm annäherungsweise gleichkommt und sich, seinem Werthe nach, wenig von jenem unterscheidet.

Diese Operation ist sehr leicht auszuführen, wenn der Nenner des Bruchs in eine höhere Einheit theilbar ist, oder vielmehr ein Product aus den Factoren 2 und 5 ist. Man multiplicire alsdann den Zähler mit einer beliebigen höhern Einheit, oder mit andern Worten: man hänge ihm eine beliebige Anzahl Nullen an, dividire das Product durch den Nenner und schneide im Quotienten so viele Decimalstellen ab, als man Nullen angehängt hat. Es ist also natürlich, dass, da jede höhere Einheit ein Product aus den beiden Factoren 2 und 5 ist, auch der Nenner aus diesen Factoren oder deren Product bestehen muss, wenn ein gewöhnlicher Bruch vollständig in einen Decimalbruch verwandelt werden soll.

$$\begin{array}{l} \text{Z. B. } \frac{7}{20} = \frac{7 \cdot 100}{20} = \frac{700}{20} = 0,35 \\ \frac{3}{4} = \frac{3 \cdot 100}{4} = \frac{300}{4} = 0,75 \\ \frac{17}{125} = \frac{17 \cdot 1000}{125} = \frac{17000}{125} = 0,136 \\ \frac{45}{120} = \frac{45 \cdot 1000}{120} = \frac{45000}{120} = 0,425 \text{ u. s. w.} \end{array}$$

Wenn aber der Nenner nicht in eine höhere Einheit theilbar ist, d. h. nicht aus den Factoren 2 und 5 oder deren Producten besteht, so kann natürlich ein gewöhnlicher Bruch in einen Decimalbruch nur annäherungsweise verwandelt werden; es wird stets ein Rest bleiben, so hoch man die höhere Einheit im Range wählen, oder so viele Nullen man auch dem Zähler anhängen mag. Indessen kommt der Decimalbruch dem gewöhnlichen Bruche beim Anhängen von 4, 5 oder 6 Decimalstellen so nahe, dass diese Annäherung für chemische Zwecke ausreichend ist.

Je höher nun die Ordnungseinheit bei solchen Brüchen in ihrem Range ist, desto kleiner wird der Werth jenes Restes, und man kann ihn daher, wenn er nur gering ist, um in der Rechnung keine wesentliche Ungenauigkeit hervorzubringen, recht gut weglassen; wenigstens giebt dieses für chemische Rechnungen, sobald eine Periode (oder sechs Decimalstellen) ausgefüllt ist, keine Differenz von Bedeutung. Man hängt also, wenn wir das Gesagte zusammenfassen, um einen gewöhnlichen Bruch, dessen Nenner in eine höhere Einheit nicht theilbar ist, in einen Decimalbruch zu verwandeln, dem Zähler desselben so viele Nullen an, als die für einen bestimmten Zweck erforderliche Genauigkeit es verlangt, und dividirt mit Berücksichtigung des Kommas, z. B.:

$$\frac{3}{7} = 0,428571 \dots \text{ oder } 7) \begin{array}{r} 4 \ 2 \ 8 \ 5 \ 7 \ 1 \\ 30,20,60,40,50,11, \end{array} \text{ u s. w.}$$

$$\frac{5}{9} = 0,555555 \dots$$

$$\frac{6}{17} = 0,352941 \dots$$

$$\frac{15}{21} = 0,714285 \dots$$

Anmerkung. Die angehängten Punkte bedeuten, dass diese Decimalbrüche den gewöhnlichen Brüchen nicht ganz gleich kommen, und noch ein Rest übrig ist.

Will man nun die Verwandlung eines unechten Bruchs in einen Decimalbruch ausführen, so verfährt man auf eben dieselbe Weise, nur hat man zu berücksichtigen, dass an die Stelle der Nullen, zur Linken des Kommas, die Einer gesetzt werden.

Einfache Gleichungen.

§. 209. Jeder Ausdruck, in welchem eine bestimmte Verknüpfung von Zahlen einer zweiten ähnlichen gleichgesetzt wird, heisst eine Gleichung. Sobald aber die Gleichungen zum Gegenstande besonderer Untersuchung gemacht werden, haben wir uns unter Gleichungen solche Zahlenverknüpfungen zu denken, in denen eine oder mehrere unbekannte Grössen vorkommen, welche mit bekannten verknüpft sind. Die Gleichungen mit einer unbekannten Grösse, welche für die gewöhnlichen chemischen Berechnungen ausreichen, pflegt man zum Unterschiede von den anderen gewöhnlich als einfache Gleichungen zu bezeichnen; sie sollen hier besprochen werden, so weit es für unseren Zweck erforderlich ist. Die Bezeichnung der unbekannten Grössen kann nur durch unbestimmte Zeichen geschehen; da man aber die bekannten Grössen in allgemeinen Formeln der Gleichungen gewöhnlich durch die ersten Buchstaben des Alphabets bezeichnet*), so hat man für die Andeutung der unbekannten Grössen die letzten Buchstaben gewählt und zwar das x zur Bezeichnung des Zahlenwerths unbekannter Grössen, wenn deren nur eine in den Gleichungen angenommen wird.

Durch das bekannte Gleichheitszeichen (=) werden die Zahlenausdrücke verbunden, von denen man jeden die Seite einer Gleichung nennt; den einzelnen Theil einer Seite bezeichnet man aber als ein Glied. — Um nun die unbekannte Grösse in einer solchen Gleichung bestimmen zu können, ist erforderlich, dass sich die Form einer Gleichung in der Weise verändern lässt, dass auf der einen Seite sich allein die unbekannte Grösse befindet und auf der anderen die sämtlichen bekannten Grössen mit einander verbunden sind. Ist die Operation gelungen, so hat man eine aufgelöste Gleichung. Für diese Lösung der Gleichungen ist sehr wesentlich, dass man Veränderungen verschiedener Art mit der Gleichung

*) Da jedoch die hier besprochenen mathematischen Operationen nur für diejenigen geschrieben sind, welche sich nicht mit der Mathematik beschäftigen, so werden wir unsere Beispiele in Zahlen ausdrücken.

vornehmen kann, die ihrem Werthe keinen Eintrag thun. Denn es ist gestattet auf beiden Seiten der Gleichung dieselbe Grösse zu addiren oder subtrahiren, und ebenso darf man auch auf beiden Seiten der Gleichung mit derselben Grösse multipliciren. Hierdurch ist namentlich ein Mittel gegeben, um Factoren und Divisoren, welche man gern aus dem Spiele haben will, zu entfernen.

Das Gesagte wird uns einen ungefähren Begriff von einer Gleichung geben; das Nähere jedoch wollen wir durch einige Beispiele kennen lernen.

Es sei uns z. B. die Gleichung in einem sehr einfachen Falle

$$x + 7 = 16$$

gegeben, so müssen wir, um nun die unbekannte Grösse auf einer Seite allein zu haben, nothwendiger Weise die 7 fortschaffen. Dies kann aber nur ohne Störung der Gleichung geschehen, wenn wir auf beiden Seiten die 7 entfernen, d. h. dieselbe auch von 16 subtrahiren; die unbekannte Grösse ist also 9, d. h.

$$x = 9.$$

Es wird leicht einleuchten, dass, wenn wir $x - 7 = 16$ hätten und die unbekannte Grösse auf eine Seite allein bringen wollten, wir, um die negative Grösse 7 aufzuheben, 7 zu 16 addiren müssen; wir hätten also in diesem Falle:

$$x = 23.$$

Wir sehen hieraus, dass das Glied auf der linken Seite weggefallen, und auf der anderen Seite aufgetreten ist; man nennt diese Operation Transposition. Die Ausführung derselben geschieht, dass man das zu transponirende Glied weglässt und auf die andere Seite mit entgegengesetztem Zeichen setzt. Ebenso können wir nun auch die in einer Gleichung vorkommenden Divisoren durch Multiplication der Gleichung mit diesen oder dem Product wegschaffen. Haben wir z. B. folgende Gleichung:

$$\frac{1}{2}x - 3 = 4,$$

so wird dieselbe, um sie aufzulösen, zunächst mit dem Divisor 2 multiplicirt werden müssen, und die Gleichung folgende Gestalt haben:

$$x - 6 = 8.$$

Wollen wir nun aber die unbekannte Grösse auf einer Seite allein haben, so müssen wir, nach dem früher Gesagten, das $- 6$ mit entgegengesetztem Zeichen auf die andere Seite schaffen, und dann werden wir

$$x = 14$$

erhalten.

Ist aber eine Zahl mit der unbekannten Grösse durch Multiplication verbunden, so muss der Ausdruck auf der anderen Seite dividirt werden, z. B.:

$$3x - 8 = 6, \text{ so ist } x = \frac{14}{3} \text{ oder } 4\frac{2}{3}.$$

§. 240. Den hier besprochenen Operationen nebst den sehr einfachen Beispielen mögen noch folgende hinzugefügt werden.

$$1) 8x - 5 = 13 - 7x.$$

Durch Transposition muss Unbekanntes zu Unbekanntem, Bekanntes zu Bekanntem addirt werden; folglich ist

$$x = 1\frac{3}{5}.$$

$$2) 5x + 6 = 14 + 4x,$$

$$\text{so ist } 5x - 4x = 14 - 6,$$

$$\text{folglich: } x = 8.$$

$$3) 13\frac{3}{4} - \frac{x}{2} = 2x - 8\frac{3}{4}.$$

$$2 \cdot (13\frac{3}{4} - \frac{x}{2} = 2x - 8\frac{3}{4})$$

$$\text{ist: } 27\frac{1}{2} - x = 4x - 17\frac{1}{2},$$

$$\text{folglich: } 5x = 45,$$

$$\text{oder: } x = 9.$$

$$4) 2x + 7 + \frac{3}{2}x = 6x - 23.$$

$$2 \cdot (2x + 7 + \frac{3}{2}x = 6x - 23).$$

$$= 4x + 14 + 3x = 12x - 46.$$

$$\text{Folglich: } 12x - 7x = 14 + 46,$$

$$\text{oder: } 5x = 60$$

$$x = 12.$$

§. 244. Um die unbekannten Grössen auf die eine Seite der Gleichung und die bekannten auf die andere Seite zu bringen, oder vielmehr um eine Gleichung zu entwickeln und aufzulösen, muss man zunächst die etwa vorhandenen Divisoren oder Nenner eines vorkommenden Bruchs wegschaffen, die etwa vorkommenden Factoren durch Division beseitigen. Ist dies geschehen, so nennt man die Gleichung eine entwickelte. Alsdann schreitet man zur Transposition, indem man die Glieder der unbekannten Grösse auf die eine, die bekannten auf die andere Seite der Gleichung schafft, und die Glieder der unbekannten Grösse vereinigt. Aufgelöst ist dann endlich die Gleichung, wenn man beide Seiten der Gleichung durch die Grösse dividirt, mit welcher die unbekannte Grösse als Factor verbunden ist. So erscheint dann auf der einen Seite die unbekannte Grösse allein, während alle auf die andere Seite hinübergeschafften Glieder ihren Werth ausdrücken.

Das hier Gegebene wird ausreichen, die gewöhnlich vorkommenden mathematisch-chemischen Operationen auszuführen; die Gleichungen zweiten Grades können nur selten vorkommen.

Proportionslehre.

§. 242. Die Differenz zweier Zahlen wird ein Verhältniss genannt, und zwar ein arithmetisches, wenn dasselbe den Unterschied zwischen zwei Zahlen in sich schliesst. Werden aber zwei solcher Verhältnisse einander gleich gesetzt, so nennt man sie eine arithmetische Proportion. So ist z. B. zwischen 9 und 15 das arithmetische Verhältniss 6, weil diese Zahl den Unterschied zwischen jenen beiden angiebt, oder aussagt wie viel grösser die Zahl 15 als 9 ist. Setzen wir aber $12 - 7 = 9 - 4$, so haben wir eine arithmetische Proportion, denn der Unterschied

zwischen den ersten beiden Gliedern oder dem einen Verhältniss entspricht dem der beiden letzten oder dem anderen Verhältniss. Wir können daher sagen, dass eine arithmetische Proportion aus vier Gliedern bestehe, welche so beschaffen sein müssen, dass, wenn man das zweite von dem ersten subtrahirt, ebenso viel übrig bleibt, als wenn das vierte von dem dritten subtrahirt wird.

§. 243. Vorzugsweise ist aber als Hauptcharakter einer arithmetischen Proportion anzuführen, dass man auch das erste Glied mit dem zweiten und zugleich das dritte mit dem vierten verwechseln kann. Denn wenn $12 - 7 = 9 - 4$ ist, so ist auch $7 - 12 = 4 - 9$, denn $7 - 12$ ist das Negative von $12 - 7$, und $4 - 9$ das Negative von $9 - 4$.

Eine andere Haupteigenschaft ist endlich die, dass die Summe der inneren Glieder der Summe der äusseren Glieder gleich ist, wovon uns ebenfalls auch das angeführte Beispiel überzeugt.

§. 244. Die Vergleichung zweier gleichartigen Zahlen durch Division nennt man ein geometrisches Verhältniss, oder mit anderen Worten: das geometrische Verhältniss zweier gleichartigen Zahlen besteht in ihrem Quotienten. — Die Zahlen heissen auch hier ebenfalls Glieder und die Zahl des Quotienten, welche die Vergleichung giebt, nennt man den Verhältniss-Exponenten, z. B. $12 : 4 = 3$ ist ein geometrisches Verhältniss, in welchem 3 der Exponent ist, der anzeigt, wie viel mal 12 grösser ist als 4.

Werden nun zwei solcher Verhältnisse einander gleich gestellt, so erhält man eine sogenannte geometrische Proportion. Sie besteht aus vier Gliedern, welche von der Beschaffenheit sind, dass das erste durch das zweite denselben Quotient giebt, wie wenn man das dritte durch das vierte dividirt. Wir haben also als wesentlichen Charakter einer solchen Proportion uns zu merken, dass das Product der äusseren Glieder dem Product der mittleren Glieder gleich ist, z. B. $8 : 4 = 12 : 6$ ist eine geometrische Proportion, denen der Exponent beider gleich gesetzten Verhältnisse ist 2, oder vielmehr der der äusseren und mittleren Glieder ist $= 2$. Ebenso erhält man durch Multiplication der beiden äusseren Glieder dieselbe Zahl, wie durch die Multiplication der beiden mittleren Glieder, wovon uns obiges Beispiel ebenfalls überzeugt. Desgleichen sind dem Gesagten zufolge $15 : 5 = 24 : 7$ und $6 : 24 = 4 : 16$ geometrische Proportionen, denn sie tragen die erwähnten Eigenschaften in sich.

§. 245. Wenn uns nun aber die drei ersten Glieder einer geometrischen Proportion, die in ihrer Anwendung auf chemische Berechnung besondere Wichtigkeit hat, gegeben sind, wie werden wir das vierte finden? Indem man die mittleren Glieder mit einander multiplicirt und das Product durch das erste dividirt, erhält man das unbekannte Glied, welches man in der Gleichung mit x bezeichnet. Ist aber etwa eins der mittleren Glieder zu suchen, so multiplicire man die beiden äusseren Glieder und dividire das Product durch das andere bekannte mittlere Glied, z. B.:

$3 : 4 = 5 : x$. $x = 4 \cdot 5$ oder $20 : 3$,
folglich ist $x = 6\frac{2}{3}$.

$27 : 36 = 9 : x$.

$$x = 12.$$

$48 : 42 = x : 7$. $x = 3$.

Um nun eine Proportion zu controliren oder vielmehr zu erfahren, ob man das unbekannte Glied einer Proportion entsprechend gefunden hat, braucht man ganz einfach dasselbe in der Proportion an die Stelle des x zu setzen und dann in oben angegebener Weise zu operiren, d. h. die beiden äusseren Glieder sowohl, als auch die beiden mittleren zu multipliciren.

Anmerkung. Sind in den gegebenen Gliedern gebrochene Zahlen enthalten, so muss man, so lange man das fehlende Glied sucht, dieselben in ganze Zahlen verwandeln.

Logarithmen-Rechnung.

§. 246. Mit Hülfe der hier gegebenen Regeln über Decimalbrüche, einfache Gleichungen und Proportionen wird es demjenigen, welcher sich nicht mit der Mathematik beschäftigte, gelingen, die gewöhnlich vorkommenden chemischen Rechnungen auszuführen, und es kann also unser Raisonnement darauf beschränkt werden, denn eine weitere Ausdehnung muss in mathematischen Lehrbüchern gesucht werden, da hier nicht der Ort dazu ist.

Jedoch können wir eines Vortheils oder vielmehr eine Bequemlichkeit nicht unerwähnt lassen, welche man sich gestatten kann, um sich die zeitraubende Multiplication und Division zu ersparen, dies ist nämlich der Gebrauch der sogenannten Logarithmen, welche, so weit es thunlich ist, hier näher besprochen werden sollen.

Unter Logarithmen haben wir nämlich gewisse Zahlen zu verstehen, mit deren Hülfe wir in den Stand gesetzt werden, die Multiplication in eine Addition und die Division in eine Subtraction zu verwandeln, also überhaupt eine arithmetische Operation in kürzerer Zeit ausführen können. Der Logarithmus einer Zahl ist als der Exponent derselben zu betrachten; sie unterscheiden sich nicht durch ihre Naturen, sondern nur durch die verschiedene Benennung.

Hat eine Zahl beständig gleichen Werth, so darf man annehmen, dass sie, zur x^{ten} Potenz erhoben, anderen gegebenen gleich werde. Nehmen wir z. B. eine allgemeine Formel $n^x = r$, so wird der zu suchende Exponent der Logarithmus von n , die Zahl n dagegen die Basis oder Grundzahl genannt. Den Exponenten neben einer Wurzel, als deren Potenz man alle vorkommenden Zahlen betrachtet, nennt man also Logarithmus dieser Potenz, welche man auch dann wohl nur die Zahl zu nennen pflegt. Betrachten wir z. B. alle Zahlen als Potenzen der 4, so würde $4^1 = 4$, $4^2 = 16$, $4^3 = 64$ u. s. w., so mithin der Logarithmus von der 4 $= 1$, der von 16 $= 2$, der von 64 $= 3$ sein u. s. w.

Sehen wir hier z. B. 40^3 , so ist 40 die Grundzahl, 3 der Exponent oder Logarithmus, und das durch Multiplication erhaltene Product die Potenz, welche hier 4000 ist, denn wir haben uns $40^3 = 40 \cdot 40 \cdot 40$ zu denken. Schreibt man ferner $40^3 \cdot 40^1$, so bedeutet das $40^3 + 1 = 40^4$ oder $40 \cdot 40 \cdot 40 \cdot 40$, d. h. 40000. Hieraus geht hervor, dass man die Exponenten addiren kann; jedoch ist das nur dann erlaubt, wenn die Wurzel gleich ist.

Hieraus geht schon hervor, wie eine Multiplication in eine Addition verwandelt werden kann.

Sollen nun Potenzen von gleichen Wurzeln durch einander dividirt werden, so giebt man derselben Wurzel die Differenz der Exponenten, z. B. $40^7 : 40^3 = 40^{7-3}$; hieraus sieht man, dass die Division in eine Subtraction verwandelt ist.

Der Logarithmus eines Quotienten wird gefunden, wenn der des Divisors von dem des Dividenden subtrahirt wird.

Aus dem Gesagten ergeben sich also zwei Haupteigenschaften der Logarithmen, nämlich einmal die, dass der Logarithmus eines Productes zweier Factoren gefunden wird, wenn man die Logarithmen derselben addirt, und zweitens die, dass der Logarithmus eines Quotienten gefunden wird, wenn man den des Divisors von dem des Dividenden abzieht. Durch diese Eigenschaft wird nun gerade der ausserordentliche Vortheil bedingt, welchen die Logarithmen gewähren, denn es ist jedenfalls einfacher und weniger mühsam, namentlich grosse Multiplicationen und Divisionen durch den Gebrauch der Logarithmen auszuführen, da man nur zu addiren und subtrahiren braucht.

§. 217. Man kann zur Basis eine beliebige Zahl nehmen; hat man aber eine gewählt und eine ansehnliche Menge von Zahlen als Potenzen jener Basis aufgestellt, so nennt man diese Zusammenstellung ein Logarithmensystem. Dieses heisst aber eine logarithmische Tabelle, wenn wir in demselben zu jeder Zahl ihren Logarithmen, und zu diesem wieder die ihm gebührende Zahl finden können. Solche Tabellen sind z. B. die von Vega, denen man, wegen ihrer ausserordentlichen Bequemlichkeit, für den Gebrauch bei Logarithmen-Rechnungen gewöhnlich den Vorzug giebt.

§. 218. Um uns einen Begriff von der Einrichtung dieser in dem Handbuch von Vega befindenden gewöhnlichen oder (nach ihrem Erfinder Briggs) sogenannten Briggs'schen Tafeln machen zu können, müssen wir zunächst im Auge haben, dass ihnen die Wurzel 10 zum Grunde liegt, d. h. wir müssen uns in ihnen alle Zahlen als Potenzen von 10 vorstellen.

Bedenken wir nun, dass Logarithmus von 1 $= 0$ sein muss, weil $10^0 = 1$ ist, der Logarithmus von 10 $= 1$, der Logarithmus von 100 $= 2$, der Logarithmus von 1000 $= 3$, von 10000 $= 4$ ist, so wird uns leicht einleuchten, dass die Logarithmen der zwischen 1 und 10 liegenden Zahlen, also von 2 bis 9 kleiner als eins sind und nur Brüche sein können. Ebenso müssen die Logarithmen der Zahlen zwischen 10 und 100, also von 11 bis 99, zwischen 1 und 2, die der Zahlen zwischen 100 und

1000 zwischen 2 und 3 liegen u. s. w. Wie leicht sich nun auch die Logarithmen von diesen Hauptzahlen ergeben, so ist es doch schwieriger die Logarithmen der übrigen zwischen denselben liegenden Zahlen zu finden. Denn da der Logarithmus von den Zahlen unter 10 kleiner ist als 1, und die Logarithmen der Zahlen 10 bis 100 zwischen 1 und 2 liegen, so haben wir es natürlich in den Logarithmen ausser den Hauptzahlen nicht allein mit ganzen Zahlen zu thun, sondern wir werden es bei denen unter 10 nur mit Brüchen zu thun haben, und bei denen zwischen 10 und 100, so wie den übrigen, werden immer ganze Zahlen nebst Brüchen vorkommen, und zwar bedient man sich hier der Decimalbrüche. So ist z. B. der Logarithmus von der Zahl $4 = 0,6020600$,

$$\text{Log. von } 11 = 1,0413927,$$

$$,, \quad ,, \quad 50 = 1,6989700,$$

$$,, \quad ,, \quad 157 = 2,1958997 \text{ u. s. w.}$$

In dem ersten Beispiele haben wir keine ganze Zahl, sondern nur Decimalstellen, also $\frac{6}{10} \frac{0}{100} \frac{2}{1000}$ u. s. w., in den übrigen ganze Zahlen nebst Decimalstellen. — Der Theil, welcher vor dem Komma steht, heisst die Charakteristik oder Kennziffer, da sie die ganzen Zahlen anzeigt, wenn solche in dem Logarithmus enthalten sind. Der andere hinter dem Komma befindliche Theil zeigt die Decimalstellen an und wird die Mantisse genannt. Es ist sehr leicht den ersten Theil des Logarithmus oder die Charakteristik des Logarithmus einer ganzen Zahl anzugeben, denn es geht aus dem Gesagten und obigen Beispielen hervor, dass dieselbe von einer 1 zifferigen Zahl $= 0$, von einer 2 zifferigen $= 1$, von einer 3 zifferigen $= 2$, von einer 4 zifferigen $= 3$, also immer nur um 1 kleiner ist, als die Anzahl der Ziffern. Allgemein ausgedrückt würden wir sagen können, wenn eine Zahl n Ziffern hat, so ist die Charakteristik in dem Logarithmus derselben $n - 1$. Will man nun mit Hülfe der erwähnten Tafeln den Logarithmus einer Zahl aufsuchen, so hat man zunächst auf die Columnen zu achten, welche mit $N. = \text{Numerus (Zahl)}$ und welche mit „Logarithmus“ überschrieben sind.

Besteht die Zahl, von welcher man den Logarithmus wissen will, aus 1, 2 oder 3 Ziffern, so findet man denselben neben jeder Zahl, und es ist weiter keine Aenderung damit vorzunehmen, wenn die Zahl eine ganze war. Ist die Zahl mehrzifferig, so muss die Charakteristik bestimmt werden, da dieselbe nicht mit angegeben worden ist; dies geschieht nach angegebener Weise: Den Logarithmus findet man alsdann z. B. zu einer 4 zifferigen Zahl, indem man demselben als Charakteristik die Zahl 3 giebt; für die Mantisse nimmt man die drei zunächst über der neben der Zahl befindlichen Lücke stehenden drei Zahlen, und hängt denselben noch die unter der Columna 0 befindlichen Ziffern an; ist dies geschehen, so hat man den entsprechenden Logarithmus gefunden. Es sind also beim Aufsuchen des Logarithmus einer Zahl

zwei wesentliche Punkte zu beachten, nämlich einmal die Bestimmung der Charakteristik und zweitens für das Auffinden der Mantisse die Berücksichtigung der drei Zahlen, welche neben der Nummer über der in der Rubrik befindlichen Lücke stehen: z. B. es sei der Logarithmus von folgenden Zahlen zu suchen: 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, so finden wir in den Tafeln über der Lücke die Ziffern 403 und ausserdem neben jenen Zahlen die übrigen zu der Mantisse gehörigen Zahlen, so dass sich die Tafel für jene Zahlen in folgender Weise darstellt:

N.		L.
		Columna 0.
2530	403	4205
2531		2924
2532		4637
2533		6352
2534		8066.

Folglich sind die Logarithmen dieser Zahlen, wenn wir die Charakteristik 3 hinzufügen, folgende:

$$\begin{aligned} \text{Log. } 2530 &= 3,4034205 \\ \text{,, } 2531 &= 3,4032924 \\ \text{,, } 2532 &= 3,4034637 \\ \text{,, } 2533 &= 3,4036352 \\ \text{,, } 2534 &= 3,4038066. \end{aligned}$$

Diese Beispiele werden uns ein kleines Bild geben, wie man in den Tafeln den Logarithmen für 4 zifferige Zahlen zusammenzustellen hat.

Soll der Logarithmus für eine fünfzifferige Zahl gefunden werden, so hat man, wie gewöhnlich, die drei über der Lücke befindlichen Zahlen zu nehmen, und die übrigen Ziffern aus einer der Columnen 0, 1, 2, 3, 4 — 9 zu suchen, wie es die fünfte Ziffer angiebt, d. h. ist die fünfte Ziffer eine 1, 2, 3 u. s. w., so hat man die fehlenden Zahlen aus der mit 1, 2, 3 bezeichneten Columnne zu wählen. Es soll z. B. der Logarithmus von 64926 gefunden werden, so haben wir die über der Lücke neben der Zahl 6492 stehenden drei Zahlen 794 zu wählen, und hängen denselben die unter der mit 6 bezeichneten Columnne von Ziffern 8730 hinzu; es wird daher $\text{Log. } 64926 = 4,7948730$ heissen.

Indessen sind die Briggs'schen Logarithmen so eingerichtet, dass man auch den Logarithmus für 5 zifferige Zahlen, wenn sie zwischen 10000 und 10800 liegen, in der Columnne 0 findet.

Enthält die Zahl des aufzusuchenden Logarithmus 6 Ziffern, so hat man zunächst, wie gewöhnlich, den Logarithmus der ersten fünf Ziffern in den Tabellen aufzuschlagen, ist dieser gefunden, so muss der Unterschied zwischen diesem und dem folgenden bestimmt, oder vielmehr eine Subtraction zwischen den letzten vier Ziffern des gefundenen Logarithmen und denen in der Rubrik daneben stehenden vorgenommen werden. Die hierdurch erhaltene Differenz befindet sich in der Rubrik der Tafel, welche mit PP bezeichnet ist und die Proportionaltheile enthält, von denen einer ge-

wählt werden muss; die Wahl muss auf den fallen, welchen die letzte Ziffer der Zahl angiebt, denn man muss den neben dieser Ziffer stehenden Proportionaltheil nehmen und zu den letzten Stellen der schon gefundenen Mantisse addiren.

Gesetzt, es sollte der Logarithmus von 568728 gesucht werden, so haben wir auf gewöhnliche Weise zunächst den von 568720 zu bestimmen, welcher $= 5,7548985$ ist. Alsdann müssen die letzten vier Ziffern 8985 von den neben diesen stehenden vier Ziffern 9064 abgezogen werden, wodurch die Differenz 76 erhalten wird, und der Proportionaltheil 64, welcher sich unter dieser Differenz neben der 8, als der sechsten Ziffer der Zahl befindet, jenes gefundenen Logarithmen

5,7548985 hinzu addirt werden,
64

5,7549046 ist also der Logarithmus
von 568728.

Will man endlich die Logarithmen von 7- oder 8zifferigen Zahlen wissen, so verfährt man mit der Bestimmung für die ersten 6 Ziffern wie in angegebener Weise und nimmt für die siebente Ziffer $\frac{1}{10}$, für die achte $\frac{1}{100}$ desjenigen Proportionaltheils, welchen man erhalten würde, wenn diese beiden Ziffern die sechste Stelle einnehmen. Für diesen Fall, in welchem also die sechste Ziffer des entsprechenden Proportionaltheils ganz, für die beiden übrigen nur jene erwähnten Bruchtheile desselben genommen werden müssen, ist zu bemerken, dass die dabei vorkommenden Brüche, wenn sie 0,5 oder darüber betragen als ein Ganzes gerechnet, wenn sie aber 0,5 nicht erreichen, gar nicht berücksichtigt werden.

Anmerkung. Für 9- und mehrzifferige Zahlen lässt sich der Logarithmus in gewöhnlichen Tabellen nicht finden und dürfte für unsere Zwecke auch überflüssig erscheinen.

§. 249. Wünschenswerth dürfte es aber sein, noch hier zu erwähnen, wie man die Logarithmen für Brüche findet, wiewohl dies ebenfalls keine Schwierigkeit macht; wir wollen wenigstens Einiges darüber bemerken.

Sowohl bei unechten als echten Brüchen verfährt man ganz einfach in der Weise, dass man den aufgesuchten Logarithmus des Nenners von dem des Zählers subtrahirt.

Will man z. B. den Logarithmus von dem unechten Bruch $7\frac{4}{5}$ wissen, so hat man von den Log. von $7\frac{4}{5} = 1,8692347$
den Log. von $5 = 0,6989700$

abzuziehen und erhält: 4,1703647
als den Logarithmen von dem Bruche $7\frac{4}{5}$.

Bei der Bestimmung eines Logarithmus eines echten Bruches ist die Operation nicht so einfach, da der Zähler kleiner ist als der Nenner, und folglich auch der Logarithmus dieses letzteren grösser sein muss, als der des Zählers. Man verfährt daher, wenn man in diesem Falle eine Subtraction vornehmen will, in der Weise, dass man den erhaltenen negativen Logarithmen mit positiver Mantisse und negativer Charakteristik schreibt, welche letztere alsdann

hinter die Mantisse gesetzt werden muss. Seltener pflegt man die negativen Logarithmen mit negativer Charakteristik und negativer Mantisse zu schreiben. Oder man betrachtet auch den Bruch als einen unechten, und macht die Charakteristik in dem Logarithmus des Zählers so gross, dass die des Nenners subtrahirt werden kann; jedoch darf man bei diesem Verfahren nicht versäumen, dass die hinzugenommenen Einheiten der Mantisse als negative Charakteristik beigeschrieben werden.

Einige Beispiele werden diese verschiedenen Verfahrensarten noch klarer machen:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Log. } \frac{3}{25} & = & \text{Log. } 3 = 1,4771243 - 1 \\
 & & \text{,, } 25 = 4,3979400 \\
 & & \hline
 & & 0,0791843 \\
 \text{also Log. } \frac{3}{25} & = & \text{,, } = 0,0791843 - 1 \\
 \text{,, } \frac{2}{13} & = & \text{,, } 2 = 1,3040300 - 1 \\
 & & \text{,, } 13 = 4,1139434 \\
 & & \hline
 & & 0,1870866 - 1.
 \end{array}$$

Ist nun der Bruch, dessen Logarithmus gefunden werden soll, ein echter Decimalbruch, so verfährt man auf dieselbe Weise; jedoch ist diese Operation noch einfacher, da die Anzahl der Stellen des Nenners durch die des Zählers bestimmt wird und die Logarithmen des Nenners eine nur aus Nullen bestehende Mantisse haben können. Man sucht daher den Logarithmus des Zählers, als ob man es mit ganzen Zahlen zu thun habe, setzt alsdann eine Null vor den Logarithmus und hängt hinter demselben so viele negative Einheiten an, als der Decimalbruch Nullen enthält, z. B.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Log. } 0,27468 & = & 0,4388270 - 1 \\
 \text{,, } 0,03456 & = & 0,5385737 - 2 \text{ u. s. w.}
 \end{array}$$

§. 220. So viel möge nun für unseren Zweck über die Logarithmen und deren Aufsuchen genügen, denn eine weitere Behandlung dieses Gegenstandes würde über unser Ziel hinausgehen, und ist nur mathematischen Werken angemessen. Was die Einrichtung der Logarithmentafeln und den Gebrauch derselben anbetrifft, so findet man eine ausführlichere Anweisung in dem Handbuche von Vega. Jedoch enthält diese hier gegebene und so kurz wie möglich gefasste Anleitung das Wesentlichste, dessen der Chemiker zu seinen gewöhnlichen Rechnungen bedarf, und dürfte namentlich aus dem Grunde schon nicht unangebracht erscheinen, weil sie dem Laien in der Mathematik diesen einfachen und bequemen Weg zeigt, die Logarithmen-Rechnung anzuwenden. Die Zweckmässigkeit und Genauigkeit, welche die Benutzung der Logarithmen gewährt, ist leicht einzusehen; übrigens werden wir uns am Schluss auch durch einige Beispiele davon überzeugen.

§. 221. Ehe wir jedoch die mathematischen Hilfsmittel verlassen, dürfen wir nicht versäumen, zu erwähnen, wie man zu einem Logarithmus seine Zahl findet, ist auch das Auffinden der Logarithmen schon von Wichtigkeit, so müssen wir doch zu einem Logarithmus auch den Numerus auffinden können.

Durch die Charakteristik wird uns angezeigt, wie viele Ziffern die zu suchende Zahl enthält, denn ist z. B. die Charakteristik 4, so wissen wir nun, dass die Zahl eine 5zifferige sein muss. Ist uns nun aber ein Logarithmus gegeben, dessen Zahl wir erfahren wollen, so berücksichtigen wir sie im Anfange gar nicht, sondern suchen die ersten 3 Stellen des Logarithmus in der Columnne 0 auf, und die vier letzten ebenfalls in derselben oder in einer der übrigen 9 Columnnen. Die ersteren wird man stets finden; sind aber die letzteren vier nicht in denselben Zeilen enthalten, so sucht man sie in den darüber stehenden, wo sie mit einem Sternchen bezeichnet sind, oder in den darunter befindlichen Zeilen bis dahin, wo wieder in der ersten Columnne drei neue Stellen beginnen. Findet man sie aber dennoch nicht, so muss man die nächst kleinen wählen. In derselben Zeile in welcher die vier letzten Ziffern der Mantisse enthalten sind, findet man in der ersten Columnne die vier ersten Ziffern der zu suchenden Zahl; die fünfte Ziffer wird dadurch bestimmt, dass man jenen vierten die Zahl hinzufügt, welche sich über der den letzten Theil der Mantisse enthaltenden Columnne befindet.

Die sechste Ziffer bestimmt man, indem man die Differenz zwischen den gefundenen und gegebenen vier Stellen der Mantisse sucht, denn die vier letztern pflegen sich in der Regel nicht in den Tabellen zu finden. Hat man die Differenz erhalten, so suche man diese unter den Proportionaltheilen und füge die daneben stehende Ziffer der Mantisse als die sechste Stelle hinzu. Kann die Differenz nicht aufgefunden werden, so muss man den zunächst kleinern Proportionaltheil nehmen und kann die neben ihm stehende Ziffer als die sechste Stelle wählen. Um nun noch etwa die siebente Stelle zu finden, ziehe man den gefundenen Proportionaltheil von der früher gefundenen Differenz ab, und suche das Zehnfache derselben unter den Proportionaltheilen; die zunächst gegebene grössere oder kleinere daneben stehende Ziffer ist alsdann als die siebente Stelle zu nehmen, z. B. die Zahl des Logarithmus 5,5547072 oder vielmehr N. Log. $5547072 = 358680$. N. Log. $4.5547072 = 35868$.

Wollen wir nun hier z. B. den Numerus vom Logarithmus von 0,4782369 suchen, so finden wir 478 und als noch kleinere Zahl für 2369 die Ziffern 2345 in der Columnne 7; folglich ist, wie man aus der Tabelle ersieht, die Zahl 30077. Da nun aber diese Zahl noch zu klein ist, so nimmt man die Proportionaltheile zu Hülfe, nachdem man die herrschende Differenz $= 445$ bestimmt hat, und man wird auf diese Weise finden, dass N. Log. $0,4082369 = 3,007746$ ist.

Man verfährt nämlich in folgender Weise:

$$\text{N. Log. } 0,4782369 = 3,007746$$

— 2345 als nächst kleinere Zahl

24 gewonnene Differenz, welche uns unter der herrschenden Differenz (445) den Proportio-

naltheil 4 giebt, da die nächst kleinere Zahl, nämlich 15, neben der 4 steht, welches wir als zum Numerus gehörige Ziffer der 7 hinzuzufügen haben.

Um nun noch eine Ziffer des Numerus zu finden, zieht man 15 von 24 ab und multiplicirt die hierdurch entstandene Differenz, nämlich 9 mit 40. Zu diesem neuen Proportionaltheile sucht man die Zahl; da aber sich 90 nicht vorfindet, so nimmt man die nächst kleinere Zahl, nämlich 87. Hierfür findet sich nun in der nebenstehenden Columne die Zahl 6, folglich haben wir diese noch der 4 anzuhängen. Wollte man noch weiter fortfahren, so würde man die Differenz zwischen 90 und 87 mit 400 zu multipliciren haben.

Es soll ferner z. B. der Numerus von 3,503.5704 bestimmt werden, so finden wir für 503 die Ziffern 3488; dagegen ist 5704 in keiner der zu 503 gehenden Columnen enthalten und wir sind genöthigt dafür die Ziffern 5592, als noch kleinere Zahl, aus der Columne 3 zu nehmen, und diese 3 jenen 4 Ziffern beizufügen, so dass wir nun 34883 haben. Nun ist die Differenz zwischen 5704 und 5592 = 112. Hierfür finden wir neben der herrschenden Differenz (136) die Zahl 8, welche ebenfalls den übrigen für den Numerus gehenden Ziffern angehängt werden muss, und folglich: $N. \text{Log. } 3,5035704 = 348838$.

Elftes Capitel.

Stöchiometrie.

§. 222. Die Lehre von den bestimmten chemischen Proportionen oder den Verbindungsverhältnissen nennen wir Stöchiometrie (von στοιχεῖον, Stoff, Element, und μετρέειν, messen) oder die Messkunst chemischer Elemente. Sie ist daher eigentlich die Lehre von der quantitativen Zusammensetzung chemischer Verbindungen, und soll uns hier eine Anleitung zu chemischen Rechnungen geben; wir haben es mithin hier vorzugsweise mit der angewandten Stöchiometrie zu thun, nachdem uns nun ihre Gesetze bereits bekannt geworden sind; jedoch wollen wir zuvor ihrer ersten Erkenntniss gedenken.

Erkenntniss und Begründung der stöchiometrischen Gesetze.

§. 223. Die Begründung dieser Lehre oder vielmehr die Erkenntniss stöchiometrischer Gesetze haben wir den Chemikern des vorigen Jahrhunderts zu verdanken, und zwar waren es unter ihnen vorzugsweise Wenzel (1777) und Richter (1796), welche sich mit stöchiometrischen Untersuchungen beschäftigten, wiewohl damals den Resultaten ihrer Arbeiten nicht die gehörige Aufmerksamkeit und gebührende Würdigung zu Theil wurde, welches grösstentheils darin

seinen Grund haben mochte, dass Lavoisier, Priestley und Andere durch ihre Entdeckungen die sämtlichen Chemiker zu sehr in Anspruch nahmen. Uebrigens bleibt ihr Streben anerkennungs-werth, da sie den ersten Grundstein zur Stöchiometrie legten, und daher haben diese beiden Chemiker auch ein besonderes Interesse für uns. Denn sie erkannten und fanden ein Gesetz bestätigt, nach welchem die Zerlegung oder ein gegenseitiger Aus-tausch zweier neutralen Salze in der Weise erfolgt, dass wieder aus ihnen zwei neutrale Salze entstehen.

Dieses Gesetz lässt sich leicht durch einige Beispiele er-läutern:

478 Th. schwefelsaures Natron = 400 Th. Schwefelsäure + 78 Th. Natron, und

206 Th. salpetersaurer Kalk = 136 Th. Salpetersäure + 74 Th. Kalk, liefern

474 Th. schwefelsauren Kalk = 400 Th. Schwefelsäure + 74 Th. Kalk,

243 Th. salpetersaures Natron = 136 Th. Salpetersäure + 78 Th. Natron.

Es liefern also 478 Th. schwefelsaures Natron und 206 Th. sal-petersaurer Kalk 474 Th. schwefelsauren Kalk und 243 Th. sal-petersaures Natron, folglich ist das Gewicht, sowohl vor als auch nach der Zersetzung 384 Th. Da nun ein völliger Austausch ge-schehen ist, so müssen diejenigen Mengen des Natrons und Kalks, welche eine gleiche Quantität Schwefelsäure sättigen, sich ebenso zu einander verhalten, wie die Menge Natrons, welche eine be-stimmte Menge Salpetersäure sättigt, zu der des Kalks, welche eben dieselbe Quantität Salpetersäure sättigt.

Da nun 80 Th. Salpetersäure sich mit 46 Th. Natron und ebenso mit 42 Th. Kalk zu neutralem salpetersauren Natron und neutralem salpetersauren Kalk verbinden, so haben wir folgendes Verhältniss:

$$78 : 74 = 46 : 42.$$

Soll nun für die 78 Th. Natron die Quantität Salpetersäure ge-funden werden, so haben wir diese durch folgende Proportion zu suchen:

$$46 : 80 = 78 : x. \quad x = 135,67.$$

Wenn also 46 Th. Natron 80 Th. Salpetersäure zur Neutralisa-tion erfordern, so gebrauchen 78 Th. Natron 135,67 Th. Salpeter-säure. Auf dieselbe Weise haben wir die erforderliche Menge Sal-petersäure für die 74 Th. Kalk zu suchen. Da dieses sogenannte Neutralitätsgesetz sich aber nicht allein auf das erwähnte Beispiel, sondern überhaupt auf sämtliche Basen und Säuren bezieht, so können wir im Allgemeinen sagen: wie sich die Basen A und B zu einer Säure C verhalten, so verhalten sich auch A und B zu einer Säure D, E oder F. Dasselbe gilt auch für die Säuren, d. h. die Säuren R und S, welche im Stande sind eine Säure N zu gleichen Quantitäten zu sättigen, stehen in demselben Verhältnisse zu einer Säure X oder Y.

Richter zeigte in Folge dieses Gesetzes, dass auf diese Weise sehr leicht die Zusammensetzung der neutralen Salze ermittelt werden könne.

§. 224. Etwas später (im Jahre 1804) machte sich Proust, wie schon an einem andern Orte erwähnt worden, um die Erweiterung der stöchiometrischen Lehre verdient, indem er nachwies, dass sämtliche Körper in bestimmten Verhältnissen mit einander chemisch verbunden sind. Namentlich waren es aber Dalton und Berzelius (1808), welche diese Erweiterung befestigten, ersterer durch sein schon erwähntes Gesetz der Multiplen und dadurch, dass er die Entdeckung machte, dass das Atomgewicht einer Verbindung durch die Summe der Atomgewichte ihrer Bestandtheile gegeben ist; letzterer durch die Aufstellung des Gesetzes über die Sättigungscapacität der Säuren, welches so lautet: Eine und dieselbe Quantität einer Säure bedarf zur Sättigung der verschiedenen Basen so viel, dass die Menge des Sauerstoffs in allen sich gleich ist. Die Sauerstoffmenge der Basis steht daher zu der Sauerstoffmenge in der Säure in einem einfachen Verhältniss. Dies lässt sich auch so ausdrücken: Säure A steht bei gleicher Quantität in demselben Verhältniss zu der Basis B und M, wie zu der Säure N.

Diesem Gesetze zufolge hat Berzelius den Zahlenausdruck der Sauerstoffquantität der Basis, welche im Stande ist 100 Theile Säure zu sättigen, die Sättigungscapacität der letztern genannt.

Z. B. 100 Theile Schwefelsäure neutralisiren eine jede Basis, welche 49,95 Sauerstoff enthält, und daher ist dieser Zahlenausdruck als die Sättigungscapacität der Schwefelsäure anzunehmen. Denn 100 Th. Schwefelsäure verbinden sich mit 118 Th. Kali zu neutralem schwefelsauren Kali.

118 Th. Kali = 98,05 Kalium + 49,95 Sauerstoff; 100 Th. Schwefelsäure bestehen aus 40,54 Schwefel + 59,85 Sauerstoff (oder vielmehr 40 Schwefel und 60 Sauerstoff); also verhält sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure wie 4 : 3, oder vielmehr die Basis enthält 3 mal weniger Sauerstoff als die Säure. Ferner ist z. B. die Sättigungscapacität der Salpetersäure 44,77, d. h. 100 Th. Salpetersäure verbinden sich mit jeder Basis, welche 44,76 Sauerstoff enthält, zu einem neutralen Salze. 100 Th. Salpetersäure enthalten nun 26,45 Stickstoff und 73,85 Th. Sauerstoff, folglich beträgt ihre Sättigungscapacität $\frac{1}{5}$ ihres Sauerstoffgehaltes oder vielmehr der Sauerstoffgehalt der Basis verhält sich zu dem der Säure wie 4 : 5.

Später beförderten Berzelius und ausser ihm mehrere Andere, vorzugsweise Dalton und Wollaston, durch die Bestimmung des Atomgewichts oder die Aequivalentzahlen die Begründung der heutigen Stöchiometrie, und zwar waren bis zum Jahre 1814 Tabellen für das Atomgewicht der Elemente entworfen, von denen die vollständigsten von Berzelius herrührten, welche er im Jahre 1826 als verbesserte erscheinen liess. Diese Tabellen galten lange für correct, bis endlich in der jüngsten Zeit namentlich Erdmann, Marchand, Dumas und Marignac dieselben einer Revision unterwarfen,

wodurch mehrere Veränderungen hervorgerufen wurden (wie sie in unserer Tabelle am Schlusse enthalten sind).

Wir haben also Berzelius jedenfalls als den Schöpfer der neuen Stöchiometrie zu betrachten, und das muss ihm noch mehr eingeräumt werden, da von ihm zuerst die vollständigsten Aequivalenttafeln geschaffen wurden, deren Werth wir bald genauer kennen lernen werden.

Gleichzeitig mit der ersten Bestimmung der Aequivalente oder vielmehr der Entdeckung der Gewichtsverhältnisse chemischer Verbindungen wurden von Gay-Lussac und Humboldt die Raumverhältnisse der Gasarten erkannt, und dadurch auch die erste Grundlage zur Volumentheorie gelegt. Soviel zur Notiz über die Erkenntniss der stöchiometrischen Gesetze.

Fortsetzung von den Aequivalenten.

Bestimmung des Aequivalents oder Atomgewichts.

§. 225. Der Begriff von Aequivalent ist uns bereits im theoretisch-chemischen Theile gegeben; dieser Theil aber, welchen wir jetzt behandeln, soll uns lehren, wie wir das Aequivalent oder Atomgewicht eines Körpers bestimmen; so dass wir diesen Paragraphen als eine Fortsetzung der Aequivalentenlehre betrachten dürfen. Wir mussten aber diese Trennung deshalb vornehmen, da diese Aufgabe dem stöchiometrischen Theile angehört und jene Begriffsbestimmung der rein theoretisch-chemischen Abtheilung zukommt.

Die relative Gewichtsmenge eines Elements kann nur aus seinen Verbindungen bestimmt werden, wenn die Zusammensetzung rücksichtlich ihrer Verhältnisse bekannt ist.

Ist uns durch genaue Analysen das relative Gewichtsverhältniss der Bestandtheile in einer chemischen Verbindung bekannt, so können wir daraus ihr Aequivalent berechnen.

Nehmen wir zunächst das Wasser als Beispiel, so haben bereits genaue Analysen gelehrt, dass dasselbe in 100 Th., 88,905 Th. Sauerstoff und 11,095 Th. Wasserstoff, enthält, oder vielmehr diese Zahlenausdrücke geben uns das Verhältniss an, in welchem Sauerstoff und Wasserstoff Wasser bilden. Wollen wir nun das Aequivalent des Wasserstoffs wissen, den Sauerstoff = 100 angenommen, so werden wir dieses aus folgender Proportion ansehen:

$$88,905 : 11,095 = 100 : x$$

$$x = 12,479 \text{ Aeq. des Wasserstoffs.}$$

Denn es muss sich natürlich das Aequivalent des Wasserstoffs zu 100 Sauerstoff gerade so verhalten, wie sich 11,096 zu 88,904 verhält. Da jedoch nach neuen Untersuchungen von Dumas und Erdmann das Aequivalent des Wasserstoffs 12,500 ergeben hat (Siehe Tabelle), so müssen nach folgender Proportion in 100 Th. Wasser nun 11,11 Th. enthalten sein:

$$112,50 : 12,50 = 100 : x$$

$$x = 11,11 \text{ Th.}$$

Als fernerer Beispiel diene uns die Schwefelsäure, welche in 100 Th. 59,94 Th. Sauerstoff und 40,09 Th. Schwefel oder vielmehr 60 Th. Sauerstoff und 40 Th. Schwefel enthält. Diesem Verhältniss gemäss müssen sich mit 300 Sauerstoff 200 Schwefel verbinden, wie sich aus dieser Proportion ergibt:

$$60 : 40 = 300 : x$$

$$x = 200 \text{ Aequival. Schwefel.}$$

§. 226. Diese Beispiele geben uns schon den hinlänglichen Beweis, dass die Aequivalente oder Atomgewichte nur durch genaue Versuche bestimmt werden können, und die Richtigkeit der Aequivalentzahl von der Ermittlung der genauen relativen Gewichtszahl einer Verbindung, also von einer genauen Analyse, abhängt. Gewöhnlich werden die Gewichtsmengen als Aequivalente angenommen, welche sich mit 100 Sauerstoff in der niedrigsten Oxydationsstufe vereinigen, wiewohl hiervon häufig Ausnahmen vorkommen. Im Allgemeinen müssen wir jedoch sagen, dass der Bestimmung der Aequivalente die Bestimmung der Säuren und Basen, überhaupt der Oxyde, zum Grunde liegt. Die Aequivalente der ersteren bestimmt man aber durch die Ermittlung der Gewichtsmenge, in denen sie sich mit dem bekannten Aequivalente einer Säure zu einem neutralen Salze verbindet, also sich durch dieselbe sättigt. Wir müssen also die Aequivalente derjenigen Basen ermitteln, welche in Verbindungen einander ersetzen können.

Nehmen wir z. B. die hier schon erwähnte Schwefelsäure als Beispiel, so finden wir, dass sie mit einer Reihe von Basen neutrale Verbindungen eingeht, in denen die Basen sich also gegenseitig ersetzen können. Die Schwefelsäure bildet mit dem Baryt ein neutrales Salz; ein Aequivalent der Schwefelsäure ist, wie schon erwähnt, = 500, oder auch mit andern Worten, 1 Atom Schwefelsäure besteht aus 300 Sauerstoff und 200 Schwefel. Um diese zu sättigen sind 958 Baryt, welche 100 Sauerstoff enthalten, nöthig; dieselben können durch 387 Natron oder durch 589 Kali, 254 Talkerde ersetzt werden, da diese ebenfalls 100 Sauerstoff enthalten und daher im Stande sind, ein Aequivalent Schwefelsäure zu sättigen. Auf der entgegengesetzten Seite wird aber auch das Aequivalent einer Säure bestimmt, indem wir dieselbe mit einer Base verbinden, deren Aequivalent bekannt ist. Es werden z. B. 589 Kali durch 500 Schwefelsäure, 637,5 Essigsäure und 675 Salpetersäure neutralisirt.

Es ist also leicht, wenn wir es mit Basen zu thun haben, die Aequivalente zu bestimmen, denn sie sind von dem Sauerstoffgehalte der Basen abhängig und lassen sich leicht aus dem Sättigungs- oder Neutralitätsvermögen berechnen.

Das Aequivalent einer Base ist also diejenige Menge, welche sich mit dem Aequivalent einer Säure zu einem neutralen Salze verbindet. Es muss daher ein einfaches Verhältniss zwischen dem Sauerstoff der Base und dem der Säure stattfinden; es lässt sich auch wirklich der Satz aufstellen, dass jedes Aequivalent Sauerstoff der

Basis ein Aequivalent Säure neutralisirt; jedoch gilt dieses nur für die einbasischen Säuren. Wir können aber nun auch jenen Satz, wenn wir Aequivalent und Atom als gleichbedeutend annehmen, so ausdrücken, dass in neutralen Salzen einbasischer Säuren die Sauerstoffatome der Basis und die Säureatome in einem einfachen Verhältnisse zu einander stehen, d. h. ein Aequivalent oder Atom Sauerstoff der Basis sättigt ein Aequivalent oder Atom Säure u. s. w.

§. 227. Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Sättigungscapacität für die Aequivalentbestimmung der Basen von ausserordentlicher Wichtigkeit ist, da aus ihnen auch das Aequivalent der Elemente berechnet werden kann, denn die Aequivalente zusammengesetzter Körper sind die Summe der Aequivalente ihrer Bestandtheile. Kennt man z. B. das neutrale schwefelsaure Salz der Talkerde, so lässt sich daraus das Aequivalent derselben und auch das des Magnesiums berechnen. Berzelius verwandelte 400 Th. reiner Talkerde durch Behandeln mit Schwefelsäure in 293,985 schwefelsaure Talkerde, woraus hervorgeht, dass sich 493,985 Th. Schwefelsäure mit 400 Th. Talkerde verbunden haben. Wenn wir nun annehmen, dass 4 Aequivalent Talkerde gleiche Aequivalente, d. h. 4 Aequivalent Magnesium und 4 Aequivalent Sauerstoff enthält, so muss das entstandene Salz aus 4 Aequivalent Säure und 4 Aequivalent Basis bestehen. Da das Aequivalent Schwefelsäure aber nun nicht 493,985, sondern 500 ist, so müssen wir nach folgender Proportion das Aequivalent der Talkerde bestimmen:

$$\begin{array}{r} 393,985 : 400 = 500 : x \\ \hline x = 257,75 \end{array}$$

Wenn nun hiernach das Aequivalent der Talkerde $= 257,75$ ist, so haben wir, um das des Magnesiums zu finden, nur 4 Aequivalent Sauerstoff zu subtrahiren, da die Talkerde aus 4 Aequivalent Magnesium und 4 Aequivalent Sauerstoff zusammengesetzt ist; es muss also hiernach das Aequivalent des Magnesiums 457,75 sein. Oder wir setzen die Proportion in folgender Weise an:

$$\begin{array}{r} 493,985 : 293,985 = 500 : x \\ \hline x = 757,75 \end{array}$$

Wird nun 4 Aequivalent Schwefelsäure $\text{SO}_3 = 500$ und 4 Aequivalent O $= 400$ subtrahirt, so ist das Aequivalent der Talkerde $= 457,75$.

Neuere Bestimmungen haben jedoch, wie wir aus den Tabellen sehen, ergeben, dass das Aequivalent nicht 457,75, sondern 450,9 beträgt (Scheerer). Diese Bestimmung geschah durch Zersetzung der schwefelsauren Talkerde, vermittelst Chlorbarium (Siehe Pogg. Annal. Bd. 69 p. 540).

Ferner wurde z. B. das Aluminium ebenfalls nicht durch die Vereinigung mit einem Elemente, sondern aus der schwefelsauren Thonerde bestimmt. 400 Theile schwefelsaure Thonerde hinterliessen nach Berzelius, einer starken Glühhitze ausgesetzt, 29,934 Thonerde zurück. Es müssen daher mit derselben 70,066 wasserfreie Schwefelsäure verbunden gewesen sein. Aus dieser Analyse

lässt sich nun leicht das Aequivalent des Aluminiums berechnen, wenn wir bedenken, dass das Aequivalent oder Atomgewicht der Schwefelsäure = 500 ist, und dass in der schwefelsauren Thonerde 3 Atome Säure enthalten sein müssen; es wird das Atomgewicht der Thonerde und das des Aluminiums nämlich durch folgende Proportionen erhalten:

$$70,066 : 29,934 = 400 : x$$

$$x = 42,722$$

$$400 : 42,722 = 1500 (3 \text{ Aeq. SO}_3) : x$$

$$x = 640,830$$

d. h. 640,840 ($\text{Al}_2 \text{O}_3$) sättigen 3 Aequivalente SO_3 . Subtrahiren wir nun 300 von 640,830, so haben wir 340,830 für 2 Atome Aluminium, und folglich 170,415 für 1 Atom Aluminium oder das Aequivalent desselben. Dies hat jedoch in unserer Tabelle noch eine kleine Correction erfahren.

Es lag uns nur daran, durch einige Beispiele zu zeigen, wie man aus neutralen Salzen die Aequivalente bestimmt, und es war insofern gleich, welche Beispiele wir wählten; dennoch aber war es nothwendig, auf die neueren Bestimmungen aufmerksam zu machen. Uebrigens kann diese Methode der Bestimmung nur für diejenigen Oxyde gelten, welche als basische auftreten. Will man das Aequivalent des Radicals eines Oxyds bestimmen, und der Sauerstoffgehalt desselben lässt sich genau ermitteln, wie z. B. beim Kupferoxyd, so kann dieses geschehen, indem man es durch Wasserstoffgas reducirt und auf diese Weise den Verlust des Sauerstoffs berechnet. Kann jedoch der Sauerstoffgehalt nicht genau ermittelt werden, so pflegt man gewöhnlich die Chlor- oder Schwefelverbindungen zu analysiren und daraus die Aequivalentzahl zu berechnen. Namentlich hat man in neuerer Zeit durch Analysen der Chlorverbindungen eine ausserordentliche Genauigkeit erzielt, indem man aus denselben das Chlor durch bestimmte Silberlösungen gefällt hat; deren sich jedoch auch schon Berzelius zur Aequivalentbestimmung bediente. Z. B. 269,2 Th. CoO , in neutrales Chlorür verwandelt und mit salpetersaurem Silber gefällt, gaben 4029,9 Th. Ag Cl . (Rothhoff).

$$4029,9 : 269,2 = 1793,3 : x$$

$$x = 468,7$$

468,7 ist also = dem Aequivalent der CoO , d. h. wenn das Aequivalent des Ag Cl . (nach den corrigirten Tabellen $\text{Ag} = 1350$ und $\text{Cl} = 443,3$) = 1793,3 genommen wird. Nehmen wir aber nach den frühern Bestimmungen das Aequivalent des $\text{Ag Cl} = 1792,24$, so erhalten wir 468,4. Jener Proportion zufolge erhalten wir also das Aequivalent des Kobalts = $468,7 - 400 = 368,7$; in den Tabellen finden wir dagegen 368,6.

Uebrigens giebt es mehrere Elemente, deren Bestimmung auf eine andere ausserordentliche Weise vorgenommen ist, so z. B. die des Kohlenstoffs, sowohl aus der Kohlensäure, als auch durch Verbrennung des Diamants zu Kohlensäure u. s. w.

Eine besondere Methode, die hier wohl vorzugsweise Erwähnung findet, ist die, dass man das Aequivalent eines Metalls aus der Gewichtszunahme berechnet, welche dasselbe durch Oxydation erleidet. Auf diese Weise ist von Axel Erdmann in neuerer Zeit das des Zinks bestimmt worden. Nach ihm würden z. B. 0,8525 Gramme Zink durch Auflösen in Salpetersäure, Eindampfen der Lösung und Glühen des salpetersauren Zinkoxyds 1,06214 Gramme Zinkoxyd erhalten. Wird nun von dem Zinkoxyd die Gewichtszahl des gewonnenen Zinks abgezogen, so beträgt der Sauerstoff 0,20946 Gramme, und man wird durch Berechnung, unter der Annahme, dass Zinkoxyd aus 1 Aequivalent Metall und 1 Aequivalent Sauerstoff besteht, das Aequivalent des Zinks = 406,5 finden, wie sich aus folgender Proportion ergibt:

$$0,20946 : 0,8525 = 100 : x$$

$$x = 406,6.$$

Anmerkung. Will man nun ein Aequivalent, welches in Beziehung auf den Sauerstoff = 100 gefunden ist, verwandeln, und wissen, welche Aequivalentzahl ihm gebührt, wenn der Wasserstoff = 1 gerechnet wird, so haben wir das Aequivalent durch 100 zu dividiren und alsdann mit der Aequivalentzahl des Sauerstoffs (den Wasserstoff = 1 genommen) also mit 8,00 zu multipliciren. Soll z. B. das Aequivalent des Kaliums = 488,9 verwandelt werden, so werden wir durch folgende Rechnung erfahren, dass das Aequivalent desselben (H = 1 genommen) = 39,11 ist.

$$100 : 8,00 = 488,9 : x$$

$$x = 39,112$$

oder $488,9 : 100 = 488,9$ multiplicirt mit 8,00 = 39,112.

Wir sehen also hieraus, dass die Verhältnisszahlen oder das relative Atomgewicht sich aus genauen Analysen sehr leicht berechnen lassen, wiewohl die ungenauen Analysen auch eine Abweichung in den Atomgewichten verursachen. Für die genaue Bestimmung sind vorzugsweise die Analogien in den chemischen und physikalischen Eigenschaften nöthig, ausserdem aber hat man auch die specifische Wärme und endlich die multiplen Proportionen zu berücksichtigen.

Sind nun diese sämtlichen Umstände berücksichtigt und allen Erfordernissen für eine genaue Bestimmung Genüge geleistet, so können wir sehr leicht die Verbindungen durch atomistische Formeln, wenn wir Atom gleich Aequivalent setzen, ausdrücken, wie wir aus den chemischen Formeln ersehen. Am besten können wir dies an den Formeln der früher als Beispiele der multiplen Proportionen erwähnten Manganverbindungen wahrnehmen. Jedoch ist es schwer zu entscheiden, ob nicht ein Aequivalent Natron aus mehr als einem Atom Natrium und einem Atom Sauerstoff besteht; denn da die atomistische Constitution eine reine Hypothese ist, so können wir auch ebenso gut annehmen, dass das Kali aus 1 Atom Kalium und 2 Atomen Sauerstoff zusammengesetzt ist, wenn wir nicht Aequivalent und Atom als gleichbedeutend annehmen, denn die Aequivalentformel ist ja, wie aus dem Gesagten hervorgeht, auf Erfahrung gegründet. Nehmen wir also ein Atom gleich einem Aequivalent an, so haben wir uns natürlich mit der Annahme von Atomen nach den Aequivalenten zu richten, die uns die Versuche geben.

Benutzung der bestimmten Aequivalente oder Atomgewichte zur Berechnung analytischer Resultate.

§. 228. Können wir die gefundenen Aequivalente einer chemischen Verbindung nun als möglichst genau bestimmt annehmen, so können wir leicht eine genauere Zusammensetzung berechnen, als sie durch die Analyse gefunden worden ist. Um eine solche Berechnung auszuführen, werden die durch die Analyse gefundenen relativen Gewichtsmengen durch die bekannten Aequivalent- und Atomgewichte dividirt. Die dadurch erhaltenen Quotienten müssen in einem einfachen Verhältnisse zu einander stehen; jedoch ist dies nicht immer ganz genau der Fall, da oft eine Ungenauigkeit der Analyse daran hinderlich ist.

Hat sich nun, wenn wir im Sinne der atomistischen Theorie so sagen wollen, die relative und absolute Atomenzahl durch die Analyse ergeben, so lässt sich daraus die Formel berechnen. Diese benutzt man, um die wahre Zusammensetzung der chemischen Verbindung durch Rechnung zu finden, indem man die Mengen der Bestandtheile in Procenten ausdrückt, und diese nun mit den ursprünglich durch die Analyse gefundenen Zahlen vergleicht.

Ein Beispiel wird uns dies leicht verständlicher machen. Sind nicht gerade 100 Theile der zu analysirenden Substanz genommen worden, so muss man wegen des Vergleichs mit der berechneten Zusammensetzung die gefundenen Quantitäten zuerst in Procenten ausdrücken, wie dies gewöhnlich geschieht, obgleich man auch eine andere constante Summe, als 100, wählen könnte.

Als Beispiel für diese Berechnung auf Procente mag uns als ein einfaches das Quecksilberchlorür genügen. Gesetzt eine Quantität von 1,472 Grammen Quecksilberchlorür, einer Analyse unterworfen, liefere 1,249 Grammen Quecksilber, so werden wir durch einfache Proportion die procentische Zusammensetzung erfahren können, denn wir brauchen nur, wie schon aus ähnlichen Beispielen hervorgeht, $1,472 : 1,247 = 100 : x$ zu setzen und werden dadurch $x = 84,85$ erhalten; folglich ist die procentische Zusammensetzung des Quecksilberchlorürs nach dem Resultate der angeführten Analyse

84,85 Quecksilber
45,15 Chlor

400,00

Wollen wir hieraus nun die wahre procentische Zusammensetzung berechnen, so geschieht dies in dieser Weise, dass man zuerst die durch den Versuch gegebene durch die ermittelte Aequivalentzahl dividirt, also

$\frac{84,85}{42,60}$ und $\frac{45,15}{443,3}$

wodurch sich das Verhältniss des Quecksilbers zum Chlor nahezu wie 2 : 1 ergibt, welches nun freilich in diesem Falle ohnehin bekannt ist, denn wir wissen, dass das Quecksilberchlorür aus 2 Aequivalenten Quecksilber und 1 Aequivalent Chlor zusammengesetzt ist.

Wir haben also die Zusammensetzung durch zwei Proportionen zu suchen, bevor wir die Aequivalentzahlen des Quecksilberchlorürs addirt haben:

$$\begin{array}{rcl}
 2 \text{ Hg.} & = & 2500,0 \\
 \text{Cl.} & = & 443,3 \\
 \hline
 \text{Hg}_2. \text{ Cl.} & = & 2943,3. \\
 2943,3 : 2500,0 & = & 100 : x \\
 \hline
 & & x = 84,94. \\
 2943,3 : 433,3 & = & 100 : x \\
 \hline
 & & x = 15,06.
 \end{array}$$

Vergleichen wir nun die hier berechnete Zusammensetzung mit jener gefundenen, so werden wir uns überzeugen, dass eine kleine Differenz obwaltet.

Gefunden.	Berechnet.
84,85	84,94
15,15	15,06
100,00	100,00.

Benutzung der Aequivalent- und Atomgewichtszahlen für die Synthesis.

§. 229. Ebenso gewähren die ermittelten Aequivalentzahlen eine noch grössere Stütze bei der Darstellung chemischer Verbindungen oder bei den synthetischen Operationen, denn mit Hülfe der Aequivalentzahlen können wir berechnen, wie viel wir zur Darstellung einer neuen chemischen Verbindung von den sie bildenden Stoffen nöthig haben, mit Hülfe der Aequivalentzahlen können wir ferner berechnen, wie viel von einem Zersetzungsproduct in Folge der chemischen Action erzeugt wird, wie viel Material wir ferner anwenden müssen, um z. B. eine bestimmte Quantität irgend einer Gasart zu erhalten u. s. w., kurz sie sind unerlässliche Hilfsmittel für Erzeugung chemischer Verbindungen.

Z. B. wie viel Sauerstoff erhält man aus 60 Grammen Quecksilberoxyd?

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Quecksilberoxyd ist} & = & 4 \text{ Aeq. Quecksilber} = 1250,00 \\
 \text{und 4 Aeq. Sauerstoff} & = & 100,00 \\
 & & \hline
 & & 1350,00. \\
 1350 : 100 & = & 60 : x \\
 \hline
 & & x = 4,44 \text{ Gr. Sauerstoff.}
 \end{array}$$

Nun wiegen 100 Cubikzoll bei 0° und 28" Barometerstand 41,125 Gramme, folglich erfahren wir durch folgende Proportion, wie vielen Cubikzollen 4,44 Gramme Sauerstoff entsprechen.

$$\begin{array}{rcl}
 41,125 : 100 & = & 4,44 : x \\
 \hline
 & & x = 10,77 \text{ Cubikzoll Sauerstoff.}
 \end{array}$$

2) Wie viel Jodkalium erhält man aus 12 Quentchen Jod?

$$\text{Jodkalium} = 4 \text{ Aeq. Kalium} = 488,9$$

$$4 \text{ Aeq. Jod} = 1586,0$$

$$\hline 2074,9$$

$$2074,9 : 488,9 = 12 : x$$

$$x = 3,30 \text{ Quentchen Kalium}$$

$$12,00 \text{ Quentchen Jod}$$

$$\hline 15,30 \text{ Quentchen Jodkalium.}$$

3) Wie viel krystallisirtes kohlensaures Natron hat man nöthig, um 3 Pfund oder 96 Loth schwefelsaures Eisenoxydul zu zersetzen?

$$\text{FeO. SO}_3 + 7 \text{ Aq.} = 350 \quad \text{Fe. NaO. CO}_2 + 10 \text{ Aq.} = 287,2 \text{ Na.}$$

$$400 \text{ O.} \quad 400 \text{ O.}$$

$$500 \text{ SO}_3. \quad 275 \text{ CO}_2.$$

$$7 \cdot 112,5 \text{ HO.} \quad 1125 \text{ HO.}$$

$$\hline 4737,50$$

$$\hline 1787,20$$

$$4737,50 : 1787,20 = 96 : x$$

$$x = 98,74.$$

4) Wie viel Salpetersäure erhält man aus 2 Pfunden oder 64 Loth salpetersauren Kalis, und wie viel Schwefelsäure braucht man dazu? Um 1 Aequivalent oder Atom Salpetersäurehydrat zu erhalten sind 1 Aequivalent salpetersaures Kali und 2 Aequivalente Schwefelsäurehydrat nöthig.

$$\ddot{\text{K}}\ddot{\text{N}} = 488,9 \cdot \text{K.}$$

$$400,0 \cdot \text{O.}$$

$$175,0 \cdot \text{N.}$$

$$500,0 \cdot \text{O.}$$

$$\hline 1263,90$$

$$\text{SO}_3 \text{ HO} = 200,0 \cdot \text{S.}$$

$$300,0 \cdot \text{O.}$$

$$112,5 \cdot \text{HO.}$$

$$\hline 612,5$$

$$2 \text{ Aeq.} = 1225,0$$

1263,90 $\ddot{\text{K}}\ddot{\text{N}}$ liefern 1 Aequivalent Salpetersäurehydrat = 1 Aequivalent Salpetersäure oder 675 + 1 Aequivalent Wasser oder 112,5 = 787,5. Folgende Proportion wird uns also leicht unsere erste Frage beantworten:

$$1263,90 : 787,5 = 64 : x$$

$$x = 39,8.$$

Die zweite Frage, in Bezug auf die erforderliche Schwefelsäure, wird durch folgende Proportion erledigt:

$$1263,90 \ddot{\text{K}}\ddot{\text{N}} : 1225,0 \ddot{\text{S}}\ddot{\text{H}} = 64 : x$$

$$\hline x = 62,90.$$

Benutzung der Aequivalente zum Entwurfe empirischer und rationeller Formeln für organische Verbindungen.

§. 230. Um für die quantitative Zusammensetzung organischer Verbindungen Formeln berechnen zu können, muss uns die organische Elementaranalyse die relativen Gewichtsmengen des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs geliefert haben, je

nachdem der Körper aus sämtlichen vier, oder aus nur drei, oder gar zwei Stoffen zusammengesetzt ist.

Aus den Resultaten der Analyse berechnet man auch hier zunächst die procentische Zusammensetzung, deren einfache Berechnung wir uns leicht vorführen können.

Es sei z. B. eine aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende Substanz mit Kupferoxyd verbrannt worden und habe folgende Resultate geliefert: 0,236 Gramme Substanz gaben 0,420 Gramme Kohlensäure und 0,184 Gramme Wasser.

Berücksichtigen wir nun, dass die Kohlensäure aus 2 Aequivalenten Sauerstoff und 1 Aequivalent Kohlenstoff besteht, und also ihr Aequivalent = 275 ist und das Aequivalent des Wassers = 442,5 ist, so werden wir durch einige einfache Proportionen leicht die procentische Zusammensetzung berechnen können:

$$1) \quad 275 : 75 = 420$$

$$x = 114,5.$$

$$2) \quad 235 : 114,5 = 100 : x$$

$$x = 48,72 \text{ Kohlenstoff.}$$

$$3) \quad 442,5 : 12,5 = 84 : x$$

$$x = 8,0.$$

$$4) \quad 235 : 8,0 = 100 : x$$

$$x = 4,40 \text{ Wasserstoff.}$$

Da das noch Fehlende der Sauerstoff ist, so ergibt sich als die vollständige procentische Zusammensetzung:

Kohlenstoff 48,72

Wasserstoff 3,40

Sauerstoff 47,88

100,00.

Ist uns nun die theoretische Zusammensetzung einer organischen Verbindung, z. B. des Rohrzuckers, gegeben, so werden wir mit Hülfe der Aequivalentzahlen, indem wir diese in die erhaltenen relativen Mengen dividiren, die empirische Formel erhalten, welche uns die relative Atomzahl giebt. Es sei z. B. die procentische Zusammensetzung gegeben:

Kohlenstoff 42,30

Wasserstoff 6,45

Sauerstoff 51,25

100,00

Um aus diesen procentischen Zahlen die relative Atomzahl zu finden, müssen wir folgende Proportionen aufstellen.

$$a) \quad 75 : 42,30 = 1 : x$$

$$b) \quad 12,5 : 6,45 = 1 : x$$

$$c) \quad 100 : 51,25 = 1 : x$$

$$\text{oder } x = \frac{42,30}{75} = 0,5640$$

$$x = \frac{6,45}{12,0} = 0,5375$$

$$x = \frac{54,25}{400} = 0,5425$$

Wir haben also als relative Atomzahl

$$\text{C. } 5640 \quad \text{H. } 5470 \quad \text{O. } 5425.$$

Um dieselbe nun kleiner auszudrücken, haben wir ebenfalls wieder eine Proportion anzusetzen, indem wir für das dritte Glied derselben irgend eine beliebig passende Zahl, worin die meisten Zahlen aufgehen, wie z. B. 60, wählen; z. B.

$$5640 : 5470 = 60 : x$$

$$x = 55.$$

Folglich verhält sich 5470 zu 5640 wie 55 zu 60, und ebenfalls 5425, abgesehen von der geringen Differenz, wie 55 zu 60, so dass die Formel $= \text{C}_{60} \text{H}_{55} \text{O}_{55}$ ist oder $\text{C}_{12} \text{H}_{11} \text{O}_{11}$ als empirische Formel der Zusammensetzung des krystallisirten Zuckers aufgeführt werden kann.

Soll nun aus der empirischen Formel die wahre procentische Zusammensetzung berechnet werden, so geschieht dies wie bei den empirischen Verbindungen auf folgende Weise:

$$42 \text{ C.} = 900,00$$

$$44 \text{ H.} = 437,50$$

$$44 \text{ O.} = 4400,00$$

$$\hline 2437,50$$

$$a) 2437,50 : 900,00 = 100 : x$$

$$x = 42,40.$$

$$b) 2437,50 : 437,40 = 100 : x$$

$$x = 6,44.$$

$$c) 2437,50 : 4400,00 = 100 : x$$

$$x = 54,46.$$

Die berechnete Zusammensetzung wird also hiernach nicht ganz, wie gewöhnlich, mit der gefundenen übereinstimmen, da jene erstere immer genauer ist, als die durch Versuche gefundene, man pflegt daher auch gewöhnlich zur Controle die berechnete neben die gefundene zu setzen. Folgende Zusammenstellung liefert also zur Vergleichung die durch die Analyse gefundenen und die durch alleinige Berechnung erhaltenen Resultate:

Gefunden.

Berechnet.

C. 42,30

42,40

H. 6,45

6,44

O. 54,25

54,46

400,00.

Rationelle Formel- und Atomgewichtsbestimmung organischer Verbindungen.

§. 234. Soll nun aber die rationelle Formel einer organischen Verbindung aufgestellt werden, die zugleich uns das Atom-

gewicht der Verbindung angiebt, so müssen Analysen vorausgegangen sein, welche uns ausser der procentischen Zusammensetzung auch das Atomgewicht der Verbindung liefern. Die Atomgewichte der organischen Säuren bestimmt man aus ihren Verbindungen mit Basen, jedoch müssen hierzu solche gewählt werden, welche neutrale wasserfreie Salze liefern; man nimmt daher gewöhnlich eine Verbindung mit dem Silberoxyd, seltener Blei-, Kalk- oder Barytverbindungen. Man hat z. B. aus den Resultaten der Elementaranalyse, welche mit der Essigsäure vorgenommen wurden, nachstehende procentische Zusammensetzung berechnet:

Kohlenstoff	40,00
Wasserstoff	6,67
Sauerstoff	53,33.

So erhalten wir auf die bekannte Weise durch folgende Proportionen die relative Anzahl der Atome.

$$\begin{aligned} 75 : 40,00 &= x : 1 ; x = 0,5336 \\ 12,5 : 6,67 &= x : 1 ; x = 0,5333 \\ 100 : 53,33 &= x : 1 ; x = 0,5333. \end{aligned}$$

Diese Zahlenausdrücke stehen in einem gleichen Verhältniss zu einander, und wir können ebenso gut $C_2 H_2 O_2$ als $C_4 H_4 O_4$ dafür setzen. Wird nun die Verbindung der Essigsäure mit dem Silberoxyd einer starken Glühhitze ausgesetzt, so stellt sich für das essigsaure Silberoxyd nachstehende procentische Zusammensetzung heraus:

Silberoxyd	69,45
Essigsäure	30,55
	100,00.

Der Annahme zufolge, dass das essigsaure Silberoxyd wirklich wasserfrei ist, wird sich das Aequivalent- oder Atomgewicht der Essigsäure ergeben, indem man den Procentgehalt und das Aequivalent des Silberoxyds in eine Proportion bringt: $69,45 : 30,55 = 1450,0 : x = 637,7$. Angenommen, dass in der Essigsäure ein Aequivalent Wasser gebunden war, welches durch ein basisches Metalloxyd ausgeschieden wird, so kann nur nach jenem relativen Atomverhältniss die empirische Formel der Essigsäure $= C_4 H_3 O_3$ sein, eine Formel, die in der Summe der Atomzahl $= 637,5$ ist, denn 4 Aequivalente Kohlenstoff, 3 Aequivalente Wasserstoff und 3 Aequivalente Sauerstoff sind der Summe 637,5 gleich und als das Aequivalent der freien Essigsäure zu betrachten; das des Essighydrats hingegen ist $= 750$ ($637,5 + 112,5$). Wird nun zur Controle das essigsaure Silberoxyd mit Kupferoxyd einer Elementaranalyse unterworfen, so wird sich folgende procentische Zusammensetzung ergeben:

Silberoxyd	69,45
Kohlenstoff	14,37
Wasserstoff	1,80
Sauerstoff	14,38
	100,00.

Dasselbe Resultat werden wir erhalten, wenn wir die Zusammensetzung der Formel $AgO, C_4 H_3 O_3$ berechnen.

Als fernerer Beispiel möge die Begründung der rationellen Formel für die Benzoessäure dienen.

In Folge der Analyse ergaben sich 1) für das Benzoessäurehydrat und 2) für das benzoesaure Silberoxyd folgende procentische Zusammensetzung:

1) Kohlenstoff	68,67
Wasserstoff	4,95
Sauerstoff	26,38
	100,00.

2) Silberoxyd	50,67
Benzoessäure	49,33
	100,00.

Nun stellt sich durch folgende Proportion das Atomgewicht der wasserfreien Benzoessäure heraus:

$$80,67 : 49,33 = 1450,0 : x$$

$$x = 1411,6;$$

folglich muss das des Benzoessäurehydrats $= 1411,6 + 112,5$ oder 1524,1 sein. Die Formel für das Benzoessäurehydrat ergibt sich nun, wenn wir das Verhältniss der gefundenen Procentzahl zu dem Zahlenausdruck des Atomgewichts suchen.

$$100 : 68,67 = 1524$$

$$x = 1046,53.$$

$$100 : 4,95 = 1524 : x$$

$$x = 75,43.$$

$$100 : 26,38 = 1524 : x$$

$$x = 402,13.$$

$$\frac{1046,53}{75} = 13,95 = 14.$$

$$\frac{75,43}{12,5} = 6,03 = 6.$$

$$\frac{402,13}{100} = 4,02 = 4.$$

Indem wir nämlich statt jener durch Division mit den Aequivalentzahlen erhaltenen 14, 6 und 4 setzen, ergibt sich für das Benzoessäurehydrat die Formel $C_{14}H_6O_4$.

Aus dieser Formel lässt sich dann leicht, wie gewöhnlich, die procentische Zusammensetzung derselben berechnen, um dieselbe mit der durch die Elementaranalyse gefundenen zu vergleichen.

§. 232. Um die rationelle Formel für eine Basis zu finden, ist gewöhnlich erforderlich, dass uns der Stickstoffgehalt durch die Elementaranalyse gegeben ist, da die meisten organischen Basen oder Alkaloide Stickstoff enthalten, welcher entweder nach seinem Volumen bestimmt oder gewöhnlicher aus dem Platinsalmiak berechnet wird, indem man nämlich den durch Verbrennung mit Natronkalk in Ammoniak verwandelten Stickstoff in Chlorwasserstoffsäure auffängt, und mit Platinchlorid versetzt. Das hierdurch erhaltene Ammoniumplatinchlorid wird gegläht und aus der zurückgebliebenen

Menge des metallischen Platins der Gehalt an Stickstoff berechnet. 400 Th. Platinsalmiak entsprechen 6,34 Th. Stickstoff. 400 Th. metallisches Platin lassen auf 14,25 Th. Stickstoff schliessen.

Die Berechnung der procentischen Zusammensetzung geschieht dann wie gewöhnlich, und wird für die übrigen Elementarstoffe aus einer besonderen Analyse berechnet.

Gesetzt es sei uns nun die procentische Zusammensetzung des Strychnins durch Berechnung aus dem Resultate der Analysen in folgenden Ausdrücken gegeben:

Kohlenstoff	75,45,
Wasserstoff	6,58,
Stickstoff	8,38,
Sauerstoff	9,59,
	10,000,

so werden wir, wenn wir auf die gewöhnliche Weise diese gegebenen Procentzahlen mit den zugehörigen Aequivalentzahlen in Proportion setzen, oder vielmehr die ersteren durch die letzteren dividiren, als empirische Formel $C_{21}H_{11}NO_2$ oder auch $C_{42}H_{22}N_2O_4$ erhalten.

Die Analyse eines Strychninsalzes, z. B. des chlorwasserstoffsäuren Strychnins, ergiebt nun folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	68,02,
Wasserstoff	6,21,
Stickstoff	7,56,
Sauerstoff	8,64,
Chlor	9,57,
	100,00.

Da wir nun annehmen können, dass dieses Salz aus 4 Aequivalent Chlorwasserstoffsäure und 1 Aequivalent Strychnin besteht, so wird uns eine Chlorbestimmung zu dem Ausdruck des Aequivalents oder der absoluten Atomenzahl desselben führen.

Dieser Chlorbestimmung zufolge enthalten 400 Th. chlorwasserstoffsäures Strychnin 9,844 H-Cl und 90,159 Sty, folglich muss uns folgende Proportion das Atomgewicht des Strychnins liefern:

$$9,844 : 90,159 = 455,7 : x$$

$$x = 4175.$$

Addiren wir nun die Aequivalentzahlen jener Formel $C_{42}H_{22}N_2O_4$ zusammen, so wird die Summe der Zahl 417,5 entsprechen, und wir können daher die gegebene Formel als dierationelle des freien Strychnins annehmen.

Sehr einfach lässt sich übrigens die Bestimmung des Aequivalents einer organischen Basis auch auf folgende Weise erreichen.

Man fällt das chlorwasserstoffsäure Alkaloid mit Platinchlorid, und berechnet aus dem beim Glühen dieses Doppelsalzes zurückgebliebenen Platin das Aequivalent oder Atomgewicht der Basis,

indem man annimmt, dass sämtliche derartige Doppelverbindungen dem Platinsalmiak analog zusammengesetzt sind, z. B. 0,5828 Grm. eines Doppelsalzes, aus einem chlorwasserstoffsaueren Alkaloid und Platinchlorid, liefern 143 Grm. metallisches Platin, folglich ist das Aequivalent des Doppelsalzes = 5024, wenn das Aequivalent des Platins = 1232 ist; denn

$$\begin{array}{r} 0,143 : 0,5828 = 1232 : x \\ \hline x = 5024 \end{array}$$

5024 — 2418,4 (als Aequivalent des Platinchlorids) = 2902,6, dem Aequivalent des wasserfreien chlorwasserstoffsaueren Alkaloids = 2902,6 — 455,7 (Aequivalent der Chlorwasserstoffsäure) = 2446,9, welches also das Aequivalent des Alkaloids ist. Nehmen wir ferner als specielles Beispiel die Bestimmung des Aequivalents oder Atomgewichts vom Morphin, so wird sich dies leicht ergeben, wenn uns das durch Glühen des Doppelsalzes von chlorwasserstoffsauerm Morphin und Platinchlorid erhaltene metallische Platin bekannt ist. Gesetzt nun 980 Grm. des Doppelsalzes lassen beim Glühen 194 Grm. metallisches Platin zurück, so werden wir das Aequivalent des Doppelsalzes durch folgende Proportion erfahren:

$$\begin{array}{r} 194 : 980 = 1232 : x \\ \hline x = 6324,2 \\ - 2418,4 \text{ (Aequivalent des Platinchlorids)} \\ \hline 4202,8 \\ - 455,7 \text{ (Aeq. der Chlorwasserstoffsäure)} \\ \hline 3747,1. \end{array}$$

Die Zahl 3747,1 ist folglich als das Aequivalent des Morphins zu betrachten.

§. 234. Soll das Atomgewicht indifferenter organischer Körper bestimmt werden, so kann dies nur geschehen, wenn dieselben befähigt sind, geeignete Verbindungen mit Basen einzugehen, deren Wahl nicht gross, sondern meistens auf Bleiverbindungen beschränkt ist; hat man diese aber erzielt, so verfährt man mit der Berechnung wie gewöhnlich.

Anwendung der Aequivalentzahlen zur Berechnung einer indirecten Analyse.

§. 235. Endlich mag noch zum Schluss des Gebrauchs genau ermittelter Aequivalentzahlen bei indirecter Analyse gedacht werden, welche sowohl zur Controle der durch analytische Versuche erhaltenen Resultate dient, als auch da ausgeführt wird, wo keine wirkliche Trennung der mit einander gemengten Substanzen bezweckt wird, und oftmals auf eine genaue Weise nicht ausgeführt werden kann. Man bedient sich hierzu einer arithmetischen Operation, die wir durch ein gewöhnliches Beispiel erläutern wollen.

Gesetzt man hätte ein Gemenge von Kali und Natron, deren genaue Scheidung durch Reagentien nicht erzielt werden kann, so verwandelt man dieses Gemenge durch Sättigung mittelst Schwefelsäure in eine neutrale Salzmasse und sucht durch Berechnung aus dem Gewicht der angewandten Säure und dem der ganzen Salzmasse die Quantität des vorhandenen Kalis und die des Natrons zu bestimmen.

Bezeichnen wir nun die Salzmasse mit M , die Quantität der zur Sättigung angewandten Säure mit S und die der beiden Basen mit R , so ist $M - S = R$, d. h. wenn z. B. $M = 430$ Grm. und $S = 64$ Grm. wäre, so ist $R = 430 - 64$ oder $= 69$ Grm. Diese letzte Zahl entspricht also der Summe der beiden Basen, oder wenn wir diese durch r' und r'' bezeichnen wollen, so ist $69 = R$ oder $r' + r''$.

Durch die gegebenen Quantitäten sind wir nun in den Stand gesetzt, die an das Kali und Natron gebundenen Säuremengen, welche wir mit s' und s'' bezeichnen, und daraus die Quantitäten der Basen oder r' und r'' zu berechnen. Es sind also s' , s'' , r' , r'' zu suchen. Es muss sich nun s' zu r' in diesem Falle ebenso verhalten wie das Aequivalent der Schwefelsäure zu dem des Kalis, folglich bekommen wir zunächst folgende Proportion:

$$\begin{array}{l} (\text{SO}_3) \ 500 : 588,9 \ (\text{K. O}) = s' : r' \\ \hline r' = \frac{588,9 \cdot s'}{500} \end{array}$$

s'' und r'' verhalten sich zu einander, wie die Aequivalente der Schwefelsäure zu dem des Natrons.

$$\begin{array}{l} 500 : 387,2 = s'' : r'' \\ \hline r'' = \frac{387,2 \cdot r''}{500} = \frac{387,2 (64 - s'')}{500} \end{array}$$

(denn $s' = 64 - s''$).

Da nun die Menge $r' + r'' = 69$ ist, so können wir auf folgende Weise verfahren und die für r' und r'' gefundenen Ausdrücke in s' setzen:

$$\begin{array}{l} 69 = \frac{588,9 s'}{500} + \frac{387,2 (64 - s')}{500} \\ \text{folglich ist } s' = \frac{69 \cdot 500 - 387,2 \cdot 64}{588,9 - 387,2} = 53,94. \end{array}$$

Die Quantität der an Kali gebundenen Säure oder das gesuchte s' ist also $= 53,94$, und es muss daher folgende Proportion die mit derselben verbundene Menge Kali oder die Zahl für das gesuchte r' liefern:

$$\begin{array}{l} 500 : 588,9 = 53,94 : r' \\ \hline r' = 63,5. \end{array}$$

Es sind also in dem Gemenge der beiden Basen oder in 69

Grm. $r' + r''$ 63,5 Grm. Kali enthalten, folglich ist die Menge des Natrons $69 - 63,5$ oder $= 5,5$; denn

$$64 \text{ S.} - 53,94 = 7,6 \text{ und:}$$

$$500 : 387,2 = 7,6 : r''$$

$$r'' = 5,5.$$

Die allgemeine Formel, welche bei solchen Rechnungen Anwendung findet und deren Kenntniss daher von ausserordentlicher Wichtigkeit ist, lässt sich nun in Folge des vorausgegangenen Beispiels auf eine leicht verständliche Weise entwickeln. Die oben gewählten Buchstaben mögen für diese Entwicklung beibehalten und das Aequivalent der Säure q , die Aequivalente der Basen (r' und r'') p' und p'' genannt werden.

Aus dem Obigen geht hervor, dass $S = s' + s''$ und $R = r' + r''$ ist, folglich muss $s'' = S - s'$ und $r'' = R - r'$ sein.

Ebenso müssen wir, der obigen ersten Gleichung gemäss, setzen:

$$\begin{aligned} q : p' &= s' : r \\ \hline r' &= \frac{p' s'}{q} \\ \text{und: } q : p' &= s'' : r'' \\ \hline r'' &= \frac{p'' s''}{q} = \frac{p'' (S - s')}{q} \end{aligned}$$

Setzen wir nun diese Ausdrücke für r' und r'' in $R = r' + r''$, so ergeben sich folgende Formeln:

$$R = \frac{p' s'}{q} + \frac{p'' (S - s')}{q} = \frac{p' s' + p'' S - p'' s'}{q}$$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} q R - p'' S &= p' s' - p'' s' \\ \text{oder } q R - p'' S &= (p' - p'') s' \end{aligned}$$

$$\text{folglich ist } s' = \frac{q R - p'' S}{(p' - p'')} \text{ oder der an } r' \text{ gebundenen Säure.}$$

Diese Formel entspricht ganz genau jener in Zahlen ausgedrückten Gleichung:

$$s' = \left\{ \frac{\frac{q}{500} \cdot \frac{R}{69}}{(p') 588,9 - (p'') 387,2} = \frac{\frac{p''}{387,2} \cdot \frac{S}{64}}{1} \right\} = 53,94.$$

Es wird daher die Formel für s'' oder die an r'' gebundene Säure folgende sein:

$$s'' = \frac{q R - p' S}{p'' - p'} \text{ oder in diesem Falle } 7,6.$$

Setzen wir nun, wie oben angegeben,

$$q : p' = s' : r', \text{ so erhalten wir für } r'$$

$$r' = \frac{s' \cdot p'}{q} = \frac{(q R - p'' S) p'}{(p' - p'') q}$$

Ferner: $r'' = \frac{s'' p''}{q} = \frac{(qR - p' S) p''}{(p'' - p') q}$ als Ausdruck für r'' .

Setzen wir für Buchstaben die betreffenden Zahlenwerthe, so werden wir obige Resultate erhalten, nämlich $r' = 63,5$ und $r'' = 5,5$; denn wenn wir $q = 500$, $R = 69$, $p'' = 387,2$, $S = 64$ und für $p' 588,9$ setzen, so erhalten wir $\frac{(500 \cdot 69 - 387,2 \cdot 64) 588,9}{(588,9 - 387,2) 500} = 63,5$ oder r' ,

und ebenso werden wir für r'' , 5,5 erhalten, wenn wir die betreffenden Zahlenwerthe in die zweite Formel setzen, wiewohl natürlich r'' sich schon auf eine einfache Weise durch $R - r'$ ergibt.

Anhang zu Capitel XI.

Eine Zusammenstellung von Beispielen für stöchiometrische Berechnungen mit Anwendung der Logarithmen.

1) Welchen Aequivalentzahlen entsprechen die Formeln: $\text{KO} \cdot \text{SO}_3$, $\text{Al}_2 \text{O}_3 \cdot 3 \text{SO}_3$; $\text{NaO} \cdot \text{Mn}_2 \text{O}_7$; $\text{CuO} \cdot \text{NO}_5$?

$$\text{KO} \cdot \text{SO}_3 \begin{smallmatrix} \text{K} \ddot{\text{S}} \\ \text{O} \end{smallmatrix} = (\text{K}) 488,9 + (\text{O}) 100 + (\text{S}) 200 + (\text{O}_3) 300 = 1088,9.$$

$$\text{Al}_2 \text{O}_3 \cdot 3 \text{SO}_3 \begin{smallmatrix} \text{Al} \ddot{\text{S}} \\ \text{O} \end{smallmatrix} = (\text{Al}_2) 344,8 + (\text{O}_3) 300 + 3 (\text{S}) 600 + 3 (\text{O}_3) 900 = 2444,8.$$

$$\text{NaO} \cdot \text{Mn}_2 \text{O}_7 \begin{smallmatrix} \text{Na} \ddot{\text{Mn}} \\ \text{O} \end{smallmatrix} = (\text{Na}) 287,2 + (\text{O}) 100 + (\text{Mn}_2) 689,4 + (\text{O}_7) 700 = 1776.$$

$$(\text{CuO} \cdot \text{NO}_5) \begin{smallmatrix} \text{Cu} \ddot{\text{N}} \\ \text{O} \end{smallmatrix} = (\text{Cu}) 396,6 + (\text{O}) 100 + (\text{N}) 175,0 + (\text{O}_5) 500 = 1171,6.$$

2) Welche Aequivalentzahlen drücken folgende Formeln aus?

$$\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 + \text{KO} \cdot \text{SO}_3 + \text{HO}_6; \text{H}_3 \text{N} + \ddot{\text{N}} \cdot \dot{\text{H}}; \text{Pb} \ddot{\text{N}} + \dot{\text{H}}?$$

$$\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 + \text{KO} \cdot \text{SO}_3 + \text{HO}_6 \begin{smallmatrix} \text{Cu} \ddot{\text{S}} \\ \text{K} \ddot{\text{S}} \\ \text{H} 6 \end{smallmatrix} = (\text{Cu}) 396,6 + (\text{O}) 100 + (\text{SO}_3) 500 + (\text{KO}) 5,889 + (\text{SO}_3) 500 + (\text{H} 6) 6 \cdot 112,5 = 2760,5.$$

$$\text{H}_3 \text{N} + \ddot{\text{N}} \cdot \dot{\text{H}} = (\text{H}_3) 3 \cdot 12,5 = 37,5 + (\text{N}) 175,0 + (\text{NO}_5) 675,0 + (\text{HO}) 112,5 = 1000,0.$$

$$\text{Pb} \ddot{\text{N}} + \dot{\text{H}} = (\text{Pb}) 1294,6 + (\text{O}) 100 + (\text{NO}_3) 475,0 + (\text{HO}) 112,5 = 1982,1.$$

3) Wie viel Wasserstoffgas erhält man durch Zersetzung des Wassers mit Hülfe von 36 Gramm Zink und der erforderlichen Schwefelsäure, oder vielmehr wie viel Wasserstoffgas liefern 36 Gramme Zink?

$$406,6 \text{ Zn} : 12,5 = 36 : x$$

$$x = 1,1067 \text{ Gram. H.}$$

$$\begin{array}{r} \text{Log. } 36 = 1,5563025 \\ + \text{Log. } 12,5 = 1,0969100 \\ \hline = \text{Log. } 2,6532125 \\ - \text{Log. } 406,6 = 2,6091674 \\ \hline \text{Log. } x = 0,0440441 \\ \hline \text{N. Log. } x = 1,1067. \end{array}$$

4) Wie viel kohlen-saures Kali erfordern 460 Gramme Schwefel, um eine Schwefelleber zu gewinnen, welche Kaliumtrisulfuret enthält?

$$10 \text{ Aeq. S} : 4 \text{ Aeq. (KO.CO}_2) = 460 : x$$

$$\text{oder: } 2000,00 : 3455,6 = 460 : x$$

$$x = 794,788$$

$$\begin{array}{r} \text{Log. } 460 = 2,6627578 \\ + \text{Log. } 3455,6 = 3,5385235 \\ \hline = \text{Log. } 6,2012813 \\ - \text{Log. } 2000 = 3,3010300 \\ \hline \text{Log. } x = 2,9002513 \\ \hline \text{N. Log. } x = 794,788. \end{array}$$

5) Wie viel wiegen 57 Gramme kohlen-sauren Kalks nach dem Glühen, wenn 350 Gramme, nachdem sie geglüht worden sind, 197,36 Gramme wiegen?

$$350 : 197,36 = 57 : x$$

$$x = 32,144 \text{ Gr.}$$

$$\begin{array}{r} \text{Log. } 57 = 1,7558749 \\ + \text{Log. } 197,36 = 2,2952591 \\ \hline = \text{Log. } 4,0511340 \\ - \text{Log. } 350 = 2,5440680 \\ \hline \text{Log. } x = 1,5070660 \\ \hline \text{N. Log. } x = 32,144. \end{array}$$

6) Wie viel Wasserstoff ist in 122 Th. Chlorwasserstoffsäure enthalten?

$$1 \text{ Aequivalent Cl} = 443,3$$

$$1 \text{ Aequivalent H} = 12,5$$

$$455,8.$$

$$455,8 : 12,5 = 122,0 : x$$

$$= 33,457.$$

$$\begin{array}{r} \text{Log. } 122 = 2,0863598 \\ + \text{Log. } 12,5 = 1,0969100 \\ \hline = \text{Log. } 3,1832698 \\ - \text{Log. } 455,8 = 2,6587743 \\ \hline \text{Log. } x = 0,5244955 \\ \hline \text{N. Log. } x = 33,457. \end{array}$$

7) Wie viel Manganhyperoxyd muss man nehmen, um durch Zersetzung von Chlorwasserstoffsäure 180 Gramme freies Chlor zu erzielen?

$$443,3 \text{ Cl} : 544,7 \text{ Mn O}_2 = 180 : x$$

$$x = 224,172$$

$$\begin{array}{r} \text{Log. } 180 = 2,2552725 \\ + \text{Log. } 544,7 = 2,7364574 \\ \hline = \text{Log. } 4,9917299 \\ - \text{Log. } 443,3 = 2,6466977 \\ \hline \text{Log. } x = 2,3447322 \\ \hline \text{N. Log. } x = 224,172. \end{array}$$

8) Wie viel trocknes Chlorbarium ist erforderlich, um 80 Gramme schwefelsauren Baryts durch Zersetzung der schwefelsauren Talkerde zu erhalten?

Ba = 858,0	Mg 250,9	{ liefern:
Cl = 443,3	SO ₃ 500,0	
BaCl = 1301,3		MgCl = 150,9 + 443 = 594,2
MgSO ₃ = 750,9		BaO.SO ₃ = 958,0 + 500 = 1458,0
Folglich 1458 : 1301 = 80 : x		Log. 80 = 1,9030900
x = 71,4019 Gr.		+ Log. 1301,3 = 3,1143774
		= Log. 5,0174674
		- Log. 1458 = 3,1637575
		Log. x = 1,8537099
		N. Log. = 71,4019

9) Wie viel schwefelsauren Baryt erhält man aus 400 Th. Chlorbarium durch Zersetzung der Schwefelsäure?

1301,3 : 1458 = 400 : x	Log. 400 = 2,0000000
x = 112,04	+ Log. 1458 = 3,1637575
	= Log. 5,1637575
	- Log. 1301,3 = 3,1143774
	Log. x = 2,0493801
	N. Log. x = 112,04.

10) Wie viel concentrirte Schwefelsäure liefern 350 Th. Schwefel?

1 Aeq. Schwefelsäure = SO ₃ + HO	Log. 350 = 2,5440680
= 612,5. 200 : 612,5 = 350 : x	Log. 612,5 = 2,7871061
x = 1071,8	= Log. 5,3311741
	- Log. 200 = 2,3010300
	Log. x = 3,0301441
	N. Log. x = 1071,8.

11) Wie viel kohlsaures Kali muss genommen werden, um die Thonerde aus 120 Th. Alaun zu fällen?

Alaun = {	1 Aeq. Al ₂ O ₃ 3 SO ₃ = 341,8 + 300 + 1500 = 2141,8	
	1 Aeq. KO . SO ₃ = 488,9 + 100 + 500 = 1088,9	
	24 HO = 24 . 112,5 = 2700,0	
		5930,7.

Da nun die neutrale schwefelsaure Thonerde 3 Aequivalente SO₃ enthält, so sind folglich 3 Aequivalente des kohlsauren Kalis erforderlich, um die Thonerde zu fällen.

Folglich: 5930,7 : 3 . 863,9 oder 2591,7 = 120 : x

x = 52,439.

Log. 120 = 2,0791812	
+ Log. 2591,7 = 3,4135847	
= Log. 5,4927659	
- Log. 5930,7 = 3,7734060	
Log. x = 1,7193599	
N. Log. x = 52,439.	

12) Wie lautet das Aequivalent des Magnesiums, wenn 100 Gramme schwefelsaurer Talkerde 66,639 SO_3 und 33,364 MgO enthalten?

$$66,639 : 33,364 = 500 \text{ (Aeq. d. } \text{SO}_3) : x$$

$$x = 250,311 \text{ MgO}$$

$$250,311 - 100 = 150,311 = \text{dem Aeq. d. Magnesiums.}$$

$$\text{Log. } 500 = 2,6989700$$

$$+ \text{Log. } 33,364 = 1,5232394$$

$$= \text{Log. } 4,2222094$$

$$- \text{Log. } 66,639 = 1,8237285$$

$$\text{Log. } x = 2,3984806$$

$$\text{N. Log. } x = 250,311.$$

13) Welches würde das Aequivalent des Platins sein, wenn 6,980 Gramme Kaliumplatinchlorid 2,027 Gramme Chlor liefern, welche an Platin gebunden waren?

$$\text{KCl} + \text{PtCl}_2 = (\text{K}) 488,9 + \text{Cl} 443,3 + \text{Pt. } 1232 + (\text{Cl}_2 886,8)$$

$$2,027 : 6,980 = 886,6 : x$$

$$x = 3051,5.$$

$$\text{Log. } 886,6 = 2,9477277$$

$$+ \text{Log. } 6,980 = 0,8438554$$

$$= \text{Log. } 3,7915831$$

$$- \text{Log. } 2,028 = 0,3070680$$

$$\text{Log. } x = 2,4845151$$

$$\text{N. Log. } x = 3051,5.$$

$$3051,5 - (\text{Cl}_2) 886,6 - (\text{KCl}) 932,2 = 1232,7 \text{ (Aeq. d. Pt.)}$$

14^a) Wie lautet das Aequivalent des Wolframs, wenn das resultirende Mittel mehrerer Reductionsversuche (Schneider: Annalen der Chemie und Pharm., Bd. 77) ergab, dass 100 Th. Wolframsäure 79,346 Th. Wolfram enthalten? — Wolframsäure = WO_3 .

$$20,684(\text{O}) : 79,346(\text{W}) = 300(\text{O}) : x$$

$$x = 1150,39$$

$$\text{Log. } 300 = 2,4771213$$

$$+ \text{Log. } 79,346 = 1,8993608$$

$$= \text{Log. } 4,3764821$$

$$- \text{Log. } 20,684 = 1,3156345$$

$$\text{Log. } x = 3,0608476$$

$$\text{N. Log. } x = 1150,39.$$

14^b) Wie lautet das Aequivalent desselben Metalls, wenn nach Oxydationsversuchen von Marchand (Annalen der Chemie u. Pharm., Bd. 77) sich z. B. ergab, dass 100 Th. Metall 26,07 Th. Sauerstoff aufnehmen?

$$26,07 : 100 = 300 : x$$

$$x = 1150,07$$

$$\text{Log. } 300 = 2,4771213$$

$$+ \text{Log. } 100 = 2,0000000$$

$$= \text{Log. } 4,4771213$$

$$- \text{Log. } 26,07 = 1,4161410$$

$$\text{Log. } x = 3,0609803$$

$$\text{N. Log. } x = 1150,07.$$

45) Wie findet man die atomistische Zusammensetzung des arsenigen Sulfids, wenn nach Berzelius 100 Th. desselben 60,90 Th. Arsen und 39,10 Schwefel enthalten?

60,90 Ars.	Aeq. d. Ars. = 937,5.
39,10 Schw.	Aeq. d. Schw. = 200,0 —
400,00.	

$$937,5 : 60,90 = 1 : x$$

$$x = \frac{60,90}{937,5} = 0,064.$$

$$200 : 39,10 = 1 : x$$

$$x = \frac{39,10}{200} = 0,185.$$

Das Verhältniss des Arsens zum Schwefel ist also $= 64 : 185$, oder in kleineren Zahlen ausgedrückt nahe zu $= 1 : 3$, oder vielmehr die Zusammensetzung dieses Schwefelarsens ist $= 1$ Atom oder Aequivalent Arsen und 3 Aequivalenten Schwefel; nach der Formel AsS_3 .

Die berechnete procentische Zusammensetzung wird daher folgendermassen lauten:

1 Aequivalent Arsen	= 937,5
3 Aequivalente Schwefel	= 600,0
	1537,5.

$$1537,5 : 937,5 = 100 : x$$

$$x = 60,97.$$

$$\begin{aligned} \text{Log. } 100 &= 2,0000000 \\ + \text{Log. } 937,5 &= 2,9719713 \\ &= \text{Log. } 4,9719713 \\ - \text{Log. } 1537,5 &= 3,4868151 \\ \hline \text{Log. } x &= 1,7851562 \\ \text{N. Log. } x &= 60,97. \end{aligned}$$

$$1537,5 : 600 = 100 : x$$

$$x = 39,03$$

$$\begin{aligned} \text{Log. } 100 &= 2,0000000 \\ + \text{Log. } 600 &= 2,7781513 \\ &= \text{Log. } 4,7781513 \\ - \text{Log. } 1537,5 &= 3,4868151 \\ \hline \text{Log. } x &= 1,5913362 \\ \text{N. Log. } x &= 39,03. \end{aligned}$$

	Gefunden.	Formel.	Berechnet.
Arsen	60,90	AsS_3	60,97
Schwefel	39,10		39,03
	400,00.		400,00.

46) Wie berechnet man die entsprechende Formel für die Zusammensetzung des Kalialauns, wenn derselbe nach Berzelius in 100 Th. 10,8 Thonerde, 10,1 Kali, 33,7 Schwefelsäure und 45,4 Wasser enthält?

Aequivalent der Thonerde	= 644,8. ($\text{Al}_2 \text{O}_3$)
„ des Kalis	= 588,9. (Ka O)
„ der Schwefelsäure	= 500,0. (SO_3)
„ des Wassers	= 112,5. (HO).

$$a) \quad 644,8 : 10,8 = 1 : x$$

$$x = \frac{10,8}{644,8} = 0,0168.$$

$$b) \quad 588,9 : 10,4 = 1 : x$$

$$x = \frac{10,4}{588,9} = 0,0174.$$

$$c) \quad 500 : 33,7 = 1 : x$$

$$x = \frac{33,7}{500} = 0,0672.$$

$$d) \quad 112,5 : 45,4 = 1 : x$$

$$x = \frac{45,4}{112,5} = 0,4035.$$

Das Verhältniss der verschiedenen Atome oder Aequivalente des Alauns ist also:

$$= 168 : 174 : 672 : 4035.$$

Diese Verhältnisszahlen können nun leicht kleiner ausgedrückt werden, wenn wir für 168 und 174 als nahezu übereinstimmend eine beliebige Zahl, z. B. 60, annehmen und nun in folgender Weise verfahren:

$$\alpha) \quad 168 : 672 = 60 : x$$

$$x = 240$$

$$\begin{array}{r} \text{Log. } 60 = 1,7781513 \\ + \text{Log. } 672 = 2,8273693 \\ \hline = \text{Log. } 4,6055206 \\ - \text{Log. } 168 = 2,2253093 \\ \hline \text{Log. } x = 2,3802123 \\ \text{N. Log. } x = 240. \end{array}$$

$$\beta) \quad 168 : 4035 = 60 : x$$

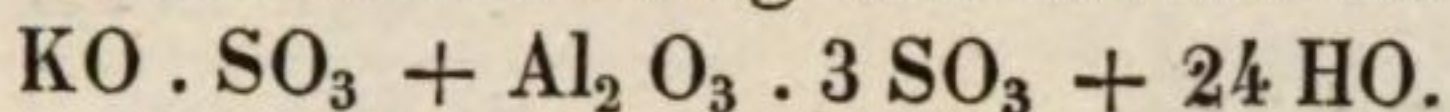
$$x = 1444.$$

$$\begin{array}{r} \text{Log. } 60 = 1,7781513 \\ + \text{Log. } 4035 = 3,6058435 \\ \hline = \text{Log. } 5,3839948 \\ - \text{Log. } 168 = 2,2253093 \\ \hline \text{Log. } x = 3,1586855 \\ \text{N. Log. } x = 1444. \end{array}$$

Die Quotienten sind also nun in der Weise kleiner ausgedrückt, dass wir 60 ($\text{Al}_2 \text{O}_3$) 60 (Ka O) 240 (SO_3) und 1444 (HO) haben. Setzen wir nun $60 = 1$, so folgt daraus durch Division in die beiden letzten Zahlen, dass der Alaun aus 1 Aequivalent (oder Atom) $\text{Al}_2 \text{O}_3$, 1 Aequivalent KO , 4 Aequivalent SO_3 und 24 Aequivalent Wasser besteht.

Um nun aus diesen Ergebnissen eine entsprechende Formel zu construiren, müssen wir bedenken, dass in neutralen schwefelsauren Salzen der Sauerstoff der Säure dreimal so gross ist als der der Basis, und es lässt sich dieses auch auf den Alaun anwenden. 1 Aequivalent KaO erfordert daher 4 Aequivalent SO_3 , um neutrales schwefelsaures Kali zu bilden; die übrigen 3 Aequivalente SO_3 aber gehören dem Aequivalent $\text{Al}_2 \text{O}_3$ an, da dieses

3 O enthält und folglich 9 Sauerstoffatome der Säure nöthig hat, um als neutrales Salz aufzutreten. Die entsprechende rationelle Formel für die Zusammensetzung des Alauns ist also folgende:



Um nun aus dieser Formel die procentische Zusammensetzung zur Controle der durch die Analyse gefundenen zu berechnen, verfährt man wie bei dem letzten Beispiele in 45.

1 Aequiv.	$\text{Al}_2 \text{O}_3$	$= 644,8$
1 „	KO	$= 588,9$
4 „	SO_3	$= 2000,0$
24 „	HO	$= 2700,0$
		5930,7

$\alpha)$	$5930,7 : 644,8 = 100 : x.$
$\beta)$	$5930,7 : 588,9 = 100 : x.$
$\gamma)$	$5930,7 : 2000 = 100 : x.$
$\delta)$	$5930,7 : 2700 = 100 : x.$

Berechnete Zusammensetzung.

$\alpha)$	$x = 10,82$
$\beta)$	$x = 9,93$
$\gamma)$	$x = 33,72$
$\delta)$	$x = 45,53$
400,00.	

Gefundene Zusammensetzung.

$\alpha)$	$10,8 = \text{Al}_2 \text{O}_3$
$\beta)$	$10,1 = \text{KO}$
$\gamma)$	$33,7 = \text{SO}_3$
$\delta)$	$45,4 = \text{HO}$
400,0.	

47) Wie wird die procentische Zusammensetzung des Benzoesäurehydrats lauten, wenn nach Stenhouse 0,3807 Gramme desselben 0,9575 Gramme Kohlensäure und 0,4698 Gramme Wasser geben?

275 Aeq. der Kohlensäure.

442,5 Aeq. des Wassers.

$\alpha)$	$\text{Log. } 0,9575 = 0,9811388$
$+ \text{Log. } 75 = 1,8750613$	
$= \text{Log. } 2,8562001$	
$- \text{Log. } 275 = 2,4393327$	
$\text{Log. } x = 0,4168674$	
$\text{N. Log. } x = 0,26113.$	

$\gamma)$	$\text{Log. } 0,4698 = 0,2399377$
$+ \text{Log. } 12,5 = 1,0969400$	
$= \text{Log. } 1,3268477$	
$- \text{Log. } 442,5 = 2,0511525$	
$\text{Log. } x = 0,2756952 - 1$	
$\text{N. Log. } x = 0,48866.$	

$\alpha)$	$275 : 75 = 0,9575 : x$
$x = 0,26113.$	

$\beta)$	$0,3807 : 0,26113 = 100 : x$
$x = 68,59 \text{ (Kohlenstoff.)}$	

$\gamma)$	$442,5 : 12,5 = 0,4698 : x$
$x = 0,48866.$	

$\delta)$	$0,3807 : 0,48866 = 100 : x$
$x = 4,95 \text{ (Wasserstoff.)}$	

Procentische Zusammensetzung des Benzoesäurehydrats.

C. 68,59

H. 4,95

Das Fehlende ist $= \text{O. } 26,46$

400,00.

48) Welche empirische Formel lässt sich für die Zusammensetzung des Kinogerbstoffes aufstellen, wenn sich durch mehrere von mir ausgeführte Elementaranalysen (Gerding, Archiv von Wackenroder und Bley, Jahrg. 1854, Heft III.) ein resultirendes Mittel ergab, dass derselbe in 100 Th. aus 48,34 Kohlenstoff, 4,29 Wasserstoff und 47,40 Sauerstoff besteht?

Aeq. d. C. $= 75$; Aeq. d. H. $= 12,5$; Aeq. d. O. $= 100.$

$$\alpha) \quad 75 : 48,34 = 1 : x$$

$$x = \frac{48,34}{75} = 0,6444$$

$$\beta) \quad 12,5 : 4,29 = 1 : x$$

$$x = \frac{4,29}{12,5} = 0,3432$$

$$\gamma) \quad 100 : 47,40 = 1 : x$$

$$x = \frac{47,46}{100} = 0,4740$$

Das relative Verhältniss der Atomenzahl ist also hiernach schon gegeben und die empirische Formel wird für den Kinogerbstoff folgendermassen lauten: C. 6444. H. 3432. O. 4740. Jedoch sucht man die relative Anzahl der Atome gewöhnlich durch kleinere entsprechende Zahlenwerthe auszudrücken, welches auf eine sehr einfache und bequeme Weise geschehen kann.

Setzen wir $3432 = 1$, so ist 4740 nahezu $= 1\frac{1}{2}$ und $6444 = 2$, oder die Verhältnisszahlen sind $1 : 1\frac{1}{2} : 2$ oder vielmehr $2 : 3 : 4$, und als einfachere Formel können wir daher aufstellen: $C_4H_2O_3$. Eben dasselbe Verhältniss wird sich herausstellen, wenn wir, wie früher gelehrt worden, eine Proportion ansetzen und in dieselbe als drittes Glied irgend eine beliebige Zahl, z. B. 60, bringen.

Gefunden.	Empirische Formel.	Berechnet.	Procentische Zusammensetzung.
C. 48,34.	C. 4.	$= 4 \cdot 75 = 300.$	C. 48,00.
H. 4,29.	H. 2.	$= 2 \cdot 12,5 = 25.$	H. 4,00.
O. 47,40.	O. 3.	$= 3 \cdot 100 = 300.$	O. 48,00.
		<u>625.</u>	
		$625 : 300 = 100 : x; x = 48,00.$	
		$625 : 25 = 100 : x; x = 4,00.$	
		$625 : 300 = 100 : x; x = 48,00.$	

49) Wie findet man die rationelle Formel für die Valeryl-säure (Baldriansäure)?

Die procentische Zusammensetzung des Baldriansäurehydrats lautet nach Ettling:

Kohlenstoff	58,51.
Wasserstoff	9,93.
Sauerstoff	31,56.
	<u>100,00.</u>

Die Zusammensetzung des einfach baldriansauren Bleioxyds lautet nach Chevreul:

Bleioxyd	55,5.
Baldriansäure	44,5.
	<u>100,0.</u>

(Aequivalent- oder Atomgewicht des Bleioxyds $= 1394,6$.)

$$a) \quad 55,5 : 44,5 = 1394,6 : x$$

$$x = 1118,4.$$

1118,4 $=$ dem Atomgewicht der wasserfreien Baldriansäure; folglich ist $1118,4 + 112,5$ oder $1230,6 =$ dem Atomgewicht des Baldriansäurehydrats.

$$a) \quad \begin{aligned} \text{Log. } 1394,6 &= 3,1444497 \\ + \text{Log. } 44,5 &= 1,6483600 \\ \hline &= \text{Log. } 4,7928097 \\ - \text{Log. } 55,5 &= 1,7442930 \\ \hline \text{Log. } x &= 3,0485167 \\ \text{N. Log. } x &= 1118,4. \end{aligned}$$

$$b) \quad 100 : 58,54 = 1230,6 : x$$

$$x = 720,02.$$

$$c) \quad 100 : 9,93 = 1230,6 : x$$

$$x = 122,49.$$

$$d) \quad 100 : 34,56 = 1230,6 : x$$

$$x = 388,37.$$

$$d) \quad \begin{array}{r} \text{Log. } 1230,6 = 3,0904169 \\ + \text{Log. } 34,56 = 1,4994370 \\ \hline = \text{Log. } 4,5892539 \\ - \text{Log. } 100 = 2,0000000 \\ \hline \text{Log. } x = 2,5892539 \\ \hline \text{N. Log. } x = 388,37. \end{array}$$

$$b) \quad \begin{array}{r} \text{Log. } 1230,6 = 3,0904169 \\ + \text{Log. } 58,54 = 1,7672304 \\ \hline = \text{Log. } 4,8573470 \\ - \text{Log. } 100 = 2,0000000 \\ \hline \text{Log. } x = 2,8573470 \\ \hline \text{N. Log. } x = 720,02. \end{array}$$

$$c) \quad \begin{array}{r} \text{Log. } 1230,6 = 3,0904169 \\ + \text{Log. } 9,93 = 0,9969492 \\ \hline = \text{Log. } 4,0870664 \\ - \text{Log. } 100 = 2,0000000 \\ \hline \text{Log. } x = 2,0870664 \\ \hline \text{N. Log. } x = 122,49. \end{array}$$

Dividirt man nun diese erhaltenen Resultate durch die betreffenden Aequivalentzahlen, so erhält man die rationelle Formel:

$$C. 75 : 720,02 = 9,66. \quad H. 12,5 : 122,49 = 9,77. \quad O. 400 : 388,37 = 388.$$

Nun ist aber 9,66 und ebenfalls 9,77 nahezu ≈ 10 ; 3,88 dagegen ≈ 4 , so dass wir die beiden ersteren Quotienten mit 10 und den letzteren mit 4 vertauschen können, wodurch sich folgende rationelle Formel für das Baldriansäurehydrat ergibt:

$$C. 10. \quad H. 10. \quad O. 4.$$

Diese Formel liefert nachstehende berechnete procentische Zusammensetzung:

$$\begin{array}{r} C. 58,823. \\ H. 9,800. \\ O. 31,377. \\ \hline 100,000. \end{array}$$

Gefunden:

$$\begin{array}{r} C. 58,54. \\ H. 9,93. \\ O. 31,56. \\ \hline 100,00. \end{array}$$

Tafel I.

Tabelle für Baumé's empirische Ariometer-Scala (Reduction der Grade auf das specifische Gewicht).

A.

Für Flüssigkeiten leichter als Wasser.

Gr.	Spec. Gewicht.	Gr.	Spec. Gewicht.	Gr.	Spec. Gewicht.	Gr.	Spec. Gewicht.	Gr.	Spec. Gewicht.
62	0,7254	54	0,7733	40	0,8233	29	0,8804	19	0,9399
61	0,7344	50	0,7777	39	0,8284	28	0,8860	18	0,9462
60	0,7354	49	0,7824	38	0,8329	27	0,8917	17	0,9526
59	0,7394	48	0,7866	37	0,8378	26	0,8974	16	0,9594
58	0,7435	47	0,7914	36	0,8428	25	0,9032	15	0,9657
57	0,7476	46	0,7956	35	0,8479	24	0,9094	14	0,9724
56	0,7518	45	0,8004	34	0,8534	23	0,9154	13	0,9792
55	0,7560	44	0,8047	33	0,8584	22	0,9212	12	0,9864
54	0,7603	43	0,8093	32	0,8638	21	0,9274	11	0,9930
53	0,7646	42	0,8139	31	0,8693	20	0,9336	10	1,0000
52	0,7689	41	0,8186	30	0,8748				

B.

Für Flüssigkeiten schwerer als Wasser.

Gr.	Spec. Gewicht.	Gr.	Spec. Gewicht.	Gr.	Spec. Gewicht.	Gr.	Spec. Gewicht.	Gr.	Spec. Gewicht.
0	1,0000	16	1,1240	32	1,2838	48	1,4942	64	1,7858
1	1,0070	17	1,1326	33	1,2954	49	1,5096	65	1,8082
2	1,0144	18	1,1444	34	1,3074	50	1,5253	66	1,8312
3	1,0213	19	1,1504	35	1,3190	51	1,5413	67	1,8548
4	1,0286	20	1,1596	36	1,3311	52	1,5576	68	1,8790
5	1,0366	21	1,1690	37	1,3434	53	1,5742	69	1,9038
6	1,0435	22	1,1785	38	1,3559	54	1,5912	70	1,9294
7	1,0511	23	1,1882	39	1,3686	55	1,6086	71	1,9548
8	1,0588	24	1,1984	40	1,3815	56	1,6264	72	1,9809
9	1,0666	25	1,2082	41	1,3947	57	1,6446	73	2,0073
10	1,0745	26	1,2184	42	1,4082	58	1,6632	74	2,0340
11	1,0825	27	1,2288	43	1,4219	59	1,6823	75	2,0610
12	1,0906	28	1,2394	44	1,4359	60	1,7019		
13	1,0988	29	1,2502	45	1,4504	61	1,7220		
14	1,1071	30	1,2612	46	1,4645	62	1,7427		
15	1,1155	31	1,2724	47	1,4792	63	1,7640		

Tafel II.

Tabelle über die beobachteten specifischen Gewichte der Elemente oder unzerlegten Grundstoffe.

a) Specifisches Gewicht der starren Elemente.

Namen der Stoffe.		Spec. Gewicht.
Aluminium		2,67
Antimon		6,723 bis 6,8
Arsen		5,628 bis 5,8
Barium		4,0
Beryllium		?
Blei		11,4
Bor		1,850
Cadmium		8,6
Calcium		?
Cer		?
Chrom		5,9
Didym		?
Eisen		7,8
Erbium		?
Gold		19,2 bis 19,3
Jod		4,948
Iridium		{ 18,65
		{ 15,88
Kalium		0,865
Kobalt		8,5 bis 8,7
Kohlenstoffe a) Diamant		3,5
b) Graphit		2,3
Kupfer		8,9
Lanthan		?
Lithium		?
Magnesium		1,87
Mangan		8,01
Molybdän		8,6
Natrium		0,972
Nickel		{ 8,6
		{ 8,8
Niobium		?
Norium		?
Osmium		10,0
Palladium		11,5 bis 11,8
Pelopium		?
Phosphor		1,7 bis 1,8
Platin		21,4 bis 21,7
Rhodium		11,2

Namen der Stoffe.	Spec. Gewicht.
Ruthenium	?
Schwefel	{ 1,99 bis 2,00
	{ 2,0454
Selen	4,32
Silber	{ 10,428
	{ 10,6
Silicium	?
Strontium	?
Tantal	?
Tellur	6,25
Terbium	?
Thorium	?
Titan	5,2 bis 5,33
Uran	9,
Vanadin	?
Wismuth	9,8
Wolfram	17,6
Yttrium	?
Zink	6,86
Zinn	7,29 bis 7,3
Zirconium	?
Donarium? (Bergemann)	7,35

b) Die tropfbarflüssigen Elemente.

Brom	2,98
Quecksilber	13,56

c) Die gasförmigen Elemente. (Atmosphärische Luft = 1.)

Chlor	2,4446
Fluor	1,2894 ?
Sauerstoff	1,4026
Stickstoff	0,9764
Wasserstoff	0,0688
Atmosphärische Luft	1,0000

Tafel III.

Tabelle über die specifischen Gewichte einer Reihe zusammengesetzter Körper.

A) Specifisches Gewicht starrer Körper.

Namen der Substanzen.	Spec. Gewicht. Wasser = 1.
Alaunerde (Thonerde) (Al_2O_3)	3,97
Neutrale schwefelsaure Thonerde ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3$) . .	4,152
Alaun ($\text{KO} \cdot \text{SO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 + 24\text{HO}$)	2,74
Antimonoxyd (SbO_3)	1,724
Schwefelantimon (dreifach) (SbS_3)	5,778
Arsenige Säure (AsO_3)	4,752
Schwefelarsen (AsS_3)	3,695
Baryt (BaO)	3,459
Kohlensaurer Baryt ($\text{BaO} \cdot \text{CO}_2$)	4,7
Schwefelsaurer Baryt ($\text{BaO} \cdot \text{SO}_3$)	4,304
Bleioxyd (PbO)	4,446
Schwefelblei ($\text{Pb} \cdot \text{S}$)	9,209
Schwefelsaures Bleioxyd ($\text{PbO} \cdot \text{SO}_3$)	7,58
Borax (krystallisirt) (NaB_2)	6,169
Kalkerde (CaO)	4,74
Kohlensaurer Kalk ($\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$)	3,16
Schwefelsaurer Kalk ($\text{CaO} \cdot \text{SO}_3$)	2,75
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	2,927
Schwefelkies (FeS_2)	5,254
Kali (KO)	4,8
Kohlensaures Kali ($\text{KO} \cdot \text{CO}_2$)	2,6
Schwefelsaures Kali ($\text{KO} \cdot 2\text{SO}_3$)	2,3
Kupferoxydul (Cu_2O)	2,662
Kupferoxyd (CuO)	5,749
Schwefelsaures Kupferoxyd ($\text{CuO} \cdot \text{SO}_3$)	6,430
Magnesiumoxyd (Talkerde) (MgO)	2,274
Schwefelsaure Talkerde ($\text{MgO} \cdot \text{SO}_3$)	3,200
Kohlensaure Talkerde ($\text{MgO} \cdot \text{CO}_2$)	2,6066
Manganoxyd (Mn_2O_3)	3,056
Manganhyperoxyd (Braunstein) (MnO_2)	4,82
Molybdänoxyd (MoO_2)	4,70
Molybdänsäure (MoO_3)	5,666
Natron (NaO)	3,46
Kohlensaures Natron ($\text{NaO} \cdot \text{CO}_2$)	2,8
Schwefelsaures Natron ($\text{NaO} \cdot \text{SO}_3$)	2,4659
Chlornatrium (NaCl)	2,73
Quecksilberoxyd (HgO)	2,078
Zinnober	11,1909
	8,0602

Namen der Substanzen.	Spec. Gewicht. wasser = 1.
Chlorsilber (Ag. Cl.)	5,4582
Jodsilber (AgJ.)	5,0262
Salpetersaures Silberoxyd (AgO. NO ₅ .)	4,3554
Siliciumsäure (Kieselsäure) (SiO ₂ oder SiO ₃ .)	2,652
Kohlensaurer Strontian (SrO. CO ₂ .)	3,6245
Schwefelsaurer Strontian (SrO. SO ₃ .)	3,588
Titansäure (TiO ₂ .)	3,9311
Uranoxyduloxyd (UO + U ₂ O ₃ .)	7,31
Wismuthoxyd (Bi ₂ . O ₃ .)	8,173
Zinkoxyd (ZnO.)	5,7344
Schwefelsaures Zinkoxyd (ZnO. SO ₃ .)	3,40

B) Specifisches Gewicht einiger Flüssigkeiten.

Schwefelsäurehydrat (SO ₃ . H.)	1,848
Salpetersäurehydrat (concentrirteste) (NO ₅ . H.)	1,554
Chlorwasserstoffsäure (concentrirteste) (H. Cl + H.)	1,2109
Fluorwasserstoffsäure (HFl.)	1,0609
Phosphorsäurehydrat PO ₅ . H.)	1,85
Essigsäurehydrat (in 110 Th. 93,5 Säure (C ₄ H ₃ O ₃ . H.)	1,063
Aether (C ₄ H ₅ O.)	0,713
Alkohol (C ₄ H ₅ O. H.)	0,792
Reines Wasser (HO.)	1,000

C) Specifisches Gewicht einiger Gase.

Kohlenoxyd (CO.)	0,9769
Kohlensäure (CO ₂ .)	1,5245
Schwefelige Säure (SO ₂ .)	2,247
Stickoxydul (NO.)	1,5204
Stickoxyd (NO ₂ .)	1,0388
Cyan (C ₂ . N.)	1,8197
Schwefelwasserstoff (HS.)	1,192
Jodwasserstoff (H. J.)	4,4375
Chlorwasserstoff (H. Cl.)	1,2474
Ammoniak (H ₃ . N.)	0,5967
Atmosphärische Luft (76,7 Th. N. und 23,3 O.)	1,0000

Tafel IV. Aequivalente der unzerlegten Grundstoffe oder Elemente nebst ihren vollständigen Logarithmen. 0 = 100.

Namen der Stoffe.	S.Z.	Aeq.	Logarith.	Namen der Stoffe.	S.Z.	Aeq.	Logarith.
Aluminium	Al.	470,9	2,2327424	Nickel	Ni.	369,3	2,5673793
* Antimon	Sb.	1612,8	3,2075805	Niobium	Nb.	?	
* Arsen	As.	937,5	2,9719713	Norium	Nr.	?	
Barium	Ba.	858,0	2,9334873	Osmium	Os.	1242,6	3,0943313
—	—	856,7	2,9328288	Palladium	Pd.	665,4	2,8230828
Beryllium	Be.	87,4	1,9400182	Pelopium	Pl.	?	
Blei	Pb.	1294,6	3,1121356	Phosphor	P.	400,0	2,6020600
Bor	B.	436,2	2,4344771	—	—	392,0	2,5932861
—	—	437,5	2,4383027	Platin	Pt.	1232,0	3,0906107
* Brom	Br.	1000,0	3,0000000	Quecksilber	Hg.	1250,0	3,0969100
Cadmium	Cd.	696,7	2,8430458	Rhodium	R.	652,0	2,8142476
Calcium	Ca.	250,0	2,3979400	Ruthenium	Ru.	651,0	2,8135810
Cer	Ce.	590,8	2,7714405	Sauerstoff	O.	100,0	2,0000000
Chlor	Cl.	443,3	2,6466977	Schwefel	S.	200,0	2,3010300
Chrom	Cr.	328,9	2,5170639	Selen	Se.	495,3	2,6948683
—	—	335,0	2,5250448	Silber	Ag.	1350,0	3,1303338
Didym	D.	620,0	2,7923917	Silicium	Si.	477,9	2,2501759
Eisen	Fe.	350,0	2,5440680	* Stickstoff	N.	175,0	2,2430380
Erbium	E.	?		Strontium	Sr.	549,0	2,7395723
* Fluor	Fl.	235,4	2,3718065	Tantal	Ta.	1148,4	3,0600932
—	—	237,5	2,3756636	Tellur	Te.	801,8	2,9040661
* Gold	Au.	2458,4	3,3906525	Terbium	Tb.	?	
* Jod	J.	1586,0	3,2003032	Thorium	Th.	743,9	2,8715446
Iridium	Ir.	1232,0	3,0906107	Titan ? °	Ti.	301,6	2,4794313
Kalium	K.	488,9	2,6892200	Uran	U.	750,0	2,8750613
Kobalt	Co.	368,6	2,5665553	Vanadin	V.	856,9	2,9329304
Kohlenstoff	C.	75,0	1,8750643	* Wasserstoff	H.	12,5	1,0969100
Kupfer	Cu.	396,6	2,5983527	* Wismuth	Bi.	2660,8	3,4250122
Lanthan	La.	588,0	2,7693773	Wolfram	W.	1188,4	3,0749626
Lithium	Li.	84,7	1,9122224	Yttrium	Y.	?	
Magnesium	Mg.	450,9	2,1786892	Zink	Zn.	406,6	2,6091674
Mangan	Mn.	344,7	2,5374413	Zinn	Stn.	735,3	2,8664646
Molybdän	Mo.	596,4	2,7753191	—	—	725,0	2,8603380
—	—	575,8	2,7602717	Zirconium	Zr.	449,7	2,6229390
Natrium	Na.	287,2	2,4581884				

Anmerkung 1. Ausser den mit einem * bezeichneten stimmen sämtliche Stoffe in Beziehung auf Aequivalent und Atomgewicht überein; jene wenigen weichen aber insofern von einander ab, dass ihr Atomgewicht nach Berzelius halb so gross als die hier angeführten Aequivalentzahlen ist; eine Division derselben durch 2 giebt uns das Atomgewicht nach B.

Anmerkung 2. Die Aequivalentzahl des Titan weicht nach neueren Bestimmungen von Pierre und Demoly von der angegebenen ab (Siehe den Jahresbericht von Liebig und Kopp. 1847—48 p. 401 und den Jahresbericht 1849 p. 269). Ersterer fand durch seine Bestimmungen die Aequivalentzahl = 315 ($H=1=25,2$) = Log. 2,4983106. Demoly bestimmte dagegen im Mittel das Aequivalent = 350,0 ($H=1=28$) = Log. 2,5440680.

Anmerkung 3. Das ermittelte Aequiv. des Donarium (?) ist = 996,2 = Log. 2,9983465.

Tafel V.

Aequivalente nebst ihren Logarithmen. $H = 1$.

Namen der Stoffe.	S.	Aeq.	Logarith.	Namen der Stoffe.	S.	Aeq.	Logarith.
Aluminium	Al.	43,67	4,4357685	Nickel	Ni.	29,54	4,4704105
Antimon	Sb.	129,03	2,4106907	Niobium	Nb.	?	
Arsen	As.	75,00	1,8750643	Norium	Nr.	?	
Barium	Ba.	68,64	1,8365773	Osmium	Os.	99,40	4,9973864
—	—	68,53	1,8358807	Palladium	Pd.	53,23	4,7261565
Beryllium	Be.	6,96	0,8426092	Pelopium	Pl.	?	
Blei	Sb.	103,56	2,0154920	Phosphor	P.	32,00	4,5051500
Bor	B.	10,89	1,0370279	—	—	34,36	4,4963764
—	—	11	1,0443927	Platin	Pl.	98,56	4,9937007
Brom	Br.	80,00	1,9030900	Quecksilber	Hg.	100,00	2,0000000
Cadmium	Cd.	55,73	1,7460890	Rhodium	R.	52,46	4,7173376
Calcium	Ca.	20,00	1,3010300	Ruthenium	Ru.	52,08	4,7166710
Cer	Ce.	47,26	1,6744937	Sauertoff	O.	8,00	0,9030900
Chlor	Cl.	35,46	1,5497387	Schwefel	S.	16,00	1,2041200
Chrom	Cr.	26,34	1,4201208	Selen	Se.	39,62	4,5979145
—	—	26,80	1,4281348	Silber	Ag.	108,00	2,0334238
Didym	D.	49,60	1,6954817	Silicium	Si.	44,23	1,4532049
Eisen	Fe.	28,00	1,4471580	Stickstoff	N.	14,00	1,1461280
Erbium	E.	?		Strontium	Sr.	43,92	1,6426623
Fluor	Fl.	18,83	1,2748503	Tantal	Ta.	91,87	1,9631737
—	—	19,00	1,2787536	Tellur	Te.	64,44	1,8071290
Gold	Au.	196,66	2,2937160	Terbium	Tb.	?	
Jod	J.	126,88	2,1033932	Thorium	Th.	59,51	4,7745900
Iridium	Ir.	98,56	4,9937007	Titan ^{o)}	Ti.	24,12	4,3823773
Kalium	K.	39,11	1,5922878	Uran	U.	60,00	1,7781513
Kobalt	Co.	29,48	1,4695275	Vanadin	V.	68,55	1,8360075
Kohlenstoff	C.	6,00	0,7781513	Wasserstoff	H.	1,00	0,0000000
Kupfer	Cu.	31,72	1,5013332	Wismuth	Bi.	212,86	2,3280941
Lanthan	La.	47,0	1,6720979	Wolfram	W.	95,07	4,9780435
Lithium	Li.	6,53	0,8149132	Yttrium	Y.	?	
Magnesium	Mg.	42,07	1,0817073	Zink	Zn.	32,52	4,5121505
Mangan	Mn.	27,57	1,4404363	Zinn	Stn.	58,82	4,7695250
Molybdän	Mo.	47,68	1,6783362	—	—	58,00	4,7634280
—	—	46,06	1,6633239	Zirconium	Zr.	33,63	4,5267296
Natrium	Na.	22,97	1,3611660				

„ nach Demoly 28,00 = Log. 4,4471590.

^{o)} Titan nach Pierre 25,20 = Log. 4,4014005.

Anmerkung 1. Die in beiden Tafeln aufgeführten Zahlenwerthe der Aequivalente sind die chemischen Tafeln von Marchand (Journal für praktische Chemie Bd. 39) und theilweise dem Handwörterbuche der Chemie von Liebig, Poggendorff und Wöhler red. von Kolbe (Supplementheft III. p. 412) entnommen.

Anmerkung 2. Donarium, Do., nach Bergemann 79,7 = Log. 4,9014583.

Tafel VI.

Aequivalentzahlen nebst Logarithmen, welche von den auf
Tafel V. aufgeführten Zahlenwerthen abweichen.

$$H = 1.$$

Namen der Stoffe.	Aeq.	Logarithm.	Namen der Stoffe.	Aeq.	Logarithm.
Aluminium . . .	43,7	4,4367206	Natrium . . .	23	4,3647278
Antimon . . .	129	2,4105897	Nickel . . .	29,6	4,4712917
Barium . . .	68,5	4,8356906	Osmium . . .	99,6	4,9982593
Beryllium . . .	4,7	0,6720979	Palladium . . .	53,3	4,7267272
Blei . . .	103,7	2,0157788	Platin . . .	98,7	4,9943172
Bor . . .	10,9	1,0374265	Rhodium . . .	52,2	4,7476705
Cadmium . . .	56	4,7484880	Ruthenium . . .	52,2	4,7476705
Chlor . . .	35,5	4,5502284	Selen . . .	39,5	4,5965974
Chrom . . .	26,7	4,4265413	Silber . . .	108,4	2,0338257
Didym . . .	50	4,6989700	Silicium . . .	24,3	4,3283796
Fluor . . .	19	4,2787536	Strontium . . .	43,8	4,6444744
Gold . . .	197	2,2944662	Tantal . . .	18,4	2,2648178
Jod . . .	127,4	2,4041456	Tellur . . .	64,2	4,8075350
Iridium . . .	99	4,9956352	Thorium . . .	59,6	4,7752463
Kalium . . .	39,2	4,5932864	Titan . . .	25	4,3879400
Kobalt . . .	29,5	4,4698220	Vanadin . . .	68,6	4,8363244
Kupfer . . .	34,7	4,5040593	Wismuth . . .	243	2,3283796
Lithium . . .	6,5	0,8429434	Wolfram . . .	95	4,9777236
Magnesium . . .	42,2	4,0863598	Zink . . .	32,6	4,5132476
Mangan . . .	27,6	4,4409094	Zinn . . .	58	4,7634280
Molybdan . . .	46	4,6627578	Zirkonium . . .	22,4	4,3502480

Anmerkung. Vorstehende Zahlenwerthe sind dem von Liebig und Kopp für das Jahr 1849 herausgegebenen Jahresbericht (über Chemie, Physik, Mineralogie u. s. w.) entnommen.

Nachtrag. Als ein wahrscheinlich neues Metall ist nach Ulgren noch das Aridium (von Ἄρης , Mars, und εἶδος , Ansehen, Beschaffenheit) zu betrachten, welches diesen Namen seiner Aehnlichkeit mit dem Eisen zu verdanken hat, und namentlich in dem Chromeisen von Röros enthalten sein soll.

Tafel VII.

Tabelle über das numerische Verhältniss der specifischen Wärme zu den Aequivalenten einiger Elemente. (Nach Regnault.)

Namen der Elemente.	Specifische Wärme gleicher Gewichte		Aequivalent.	Product aus der spec. Wärme in das Aequivalent! oder die specifische Wärme des letzteren.
	Wasser = 1000.	Wasser = 1.		
Kupfer	95,15	1,09515	396,6	37,679
Zink	95,55	0,09555	406,6	38,793
Kobalt	106,96	0,10696	368,6	39,414
Palladium	59,25	0,05925	665,4	39,434
Cadmium	56,69	0,05669	696,7	39,495
Eisen	113,79	0,11379	350	39,826
Platin	32,43	0,03243	1232	39,953
Nickel	108,60	0,10860	369,3	40,106
Schwefel	202,60	0,20260	200	40,529
Blei	31,40	0,03140	1294,6	40,647
Tellur	51,55	0,05165	801,8	41,343
Zinn	56,23	0,05623	735,3	41,346
Selen	83,70	0,08370	495,3	41,434
Quecksilber	33,32	0,03332	1250	41,650
Arsen	81,40	0,08140	937,5	76,342
Silber	57,01	0,05701	1350	76,963
Gold	32,44	0,03244	2458,4	79,737
Antimon	50,77	0,05077	1612,8	81,892
Wismuth	30,84	0,03084	2660,8	82,034
Jod	54,12	0,05412	1586,0	85,805

Die in dieser Tabelle aufgeführten Zahlenwerthe der specifischen Wärme sind nach Regnault'schen Versuchsresultaten berechnet worden. Die Aequivalente sind nach der Tabelle von Marchand (Journal für praktische Chemie 26. Bd. 1854) entnommen. Die specifische Wärme des Jods ist nach Regnault'schen Versuchsresultaten berechnet worden.

Anmerkung 1. Die in dieser Tabelle aufgeführten Zahlenwerthe der specifischen Wärme sind nach Regnault'schen Versuchsresultaten berechnet worden. Die Aequivalente sind nach der Tabelle von Marchand (Journal für praktische Chemie 26. Bd. 1854) entnommen. Die specifische Wärme des Jods ist nach Regnault'schen Versuchsresultaten berechnet worden.

Anmerkung 2. Die in dieser Tabelle aufgeführten Zahlenwerthe der specifischen Wärme sind nach Regnault'schen Versuchsresultaten berechnet worden. Die Aequivalente sind nach der Tabelle von Marchand (Journal für praktische Chemie 26. Bd. 1854) entnommen. Die specifische Wärme des Jods ist nach Regnault'schen Versuchsresultaten berechnet worden.

Tafel VII.

Verhältniss der specifischen
Wärme zu den Äquivalenten einiger Elemente. (Nach
Regnault.)

Name der Elemente.	specifische Wärme gleich- er Gewichte		Äquivalent.	Product aus der spec. Wärme in des Äquivalent oder die spec. Wärme des be- treffenden.
	Wasser = 1000	Wasser = 1		
Kupfer	95.43	0.09543	386.6	37.079
Zinn	96.83	0.09683	400.6	38.823
Kobalt	100.96	0.10096	386.6	39.114
Palladium	89.33	0.08933	688.1	61.431
Cadmium	86.80	0.08680	699.7	60.495
Eisen	413.79	0.41379	356	147.31
Platin	33.13	0.03313	1839	60.823
Nickel	100.00	0.10000	369.3	36.930
Schwefel	99.92	0.09992	399	39.972
Blei	34.40	0.03440	1294.6	44.547
Tellur	54.55	0.05455	891.8	48.643
Zinc	84.33	0.08433	736.2	62.116
Selen	81.79	0.08179	195.3	16.161
Quecksilber	33.33	0.03333	1250	41.660
Arsen	94.49	0.09449	937.5	88.592
Silber	81.01	0.08101	1350	109.363
Gold	33.44	0.03344	2458.1	82.177
Antimon	50.77	0.05077	1612.8	81.892
Wismuth	39.84	0.03984	2060.8	82.034
Jod	34.42	0.03442	4586.0	157.856

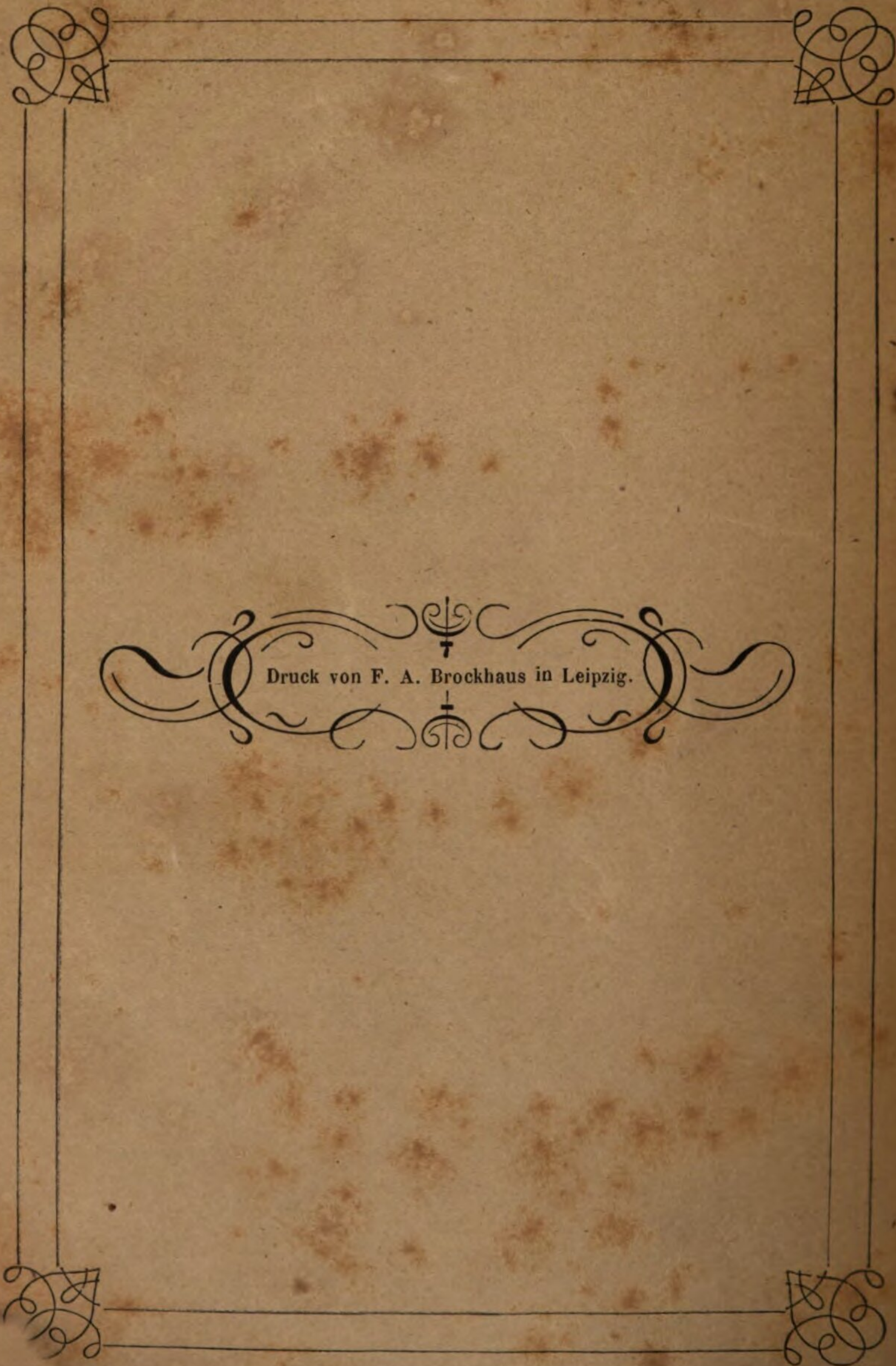
Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

Druckfehler.

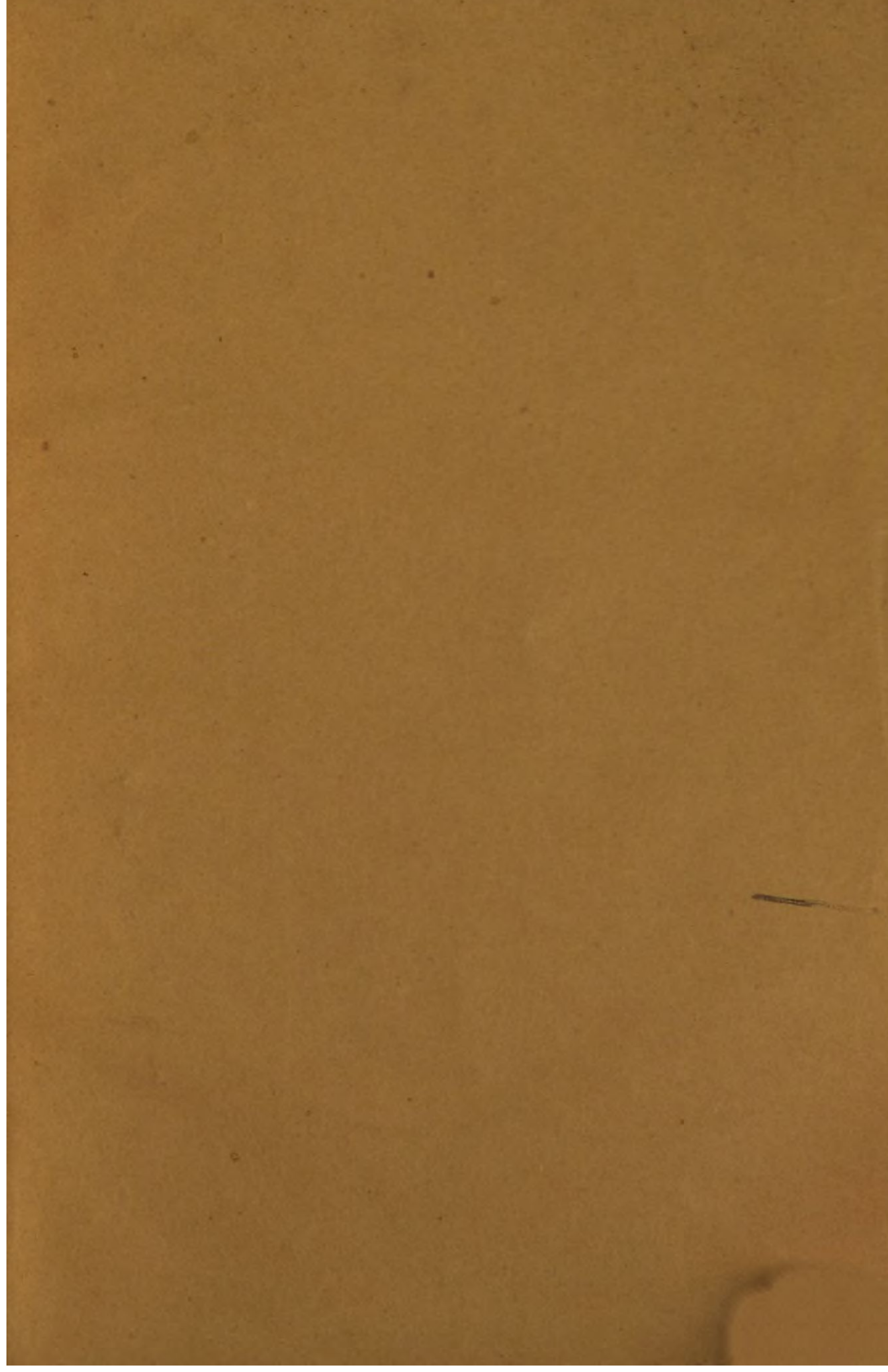
Seite 1 Zeile 10 v. u. statt zu lies zum

- | | | | |
|-------|-------------------|--|---|
| » 12 | » | 1 v. o. | » dazu l. daher |
| » 16 | » | 6 v. u. | » Endem an l. Ende man |
| » 35 | » | 14 v. o. | » Sichreheit l. Sicherheit |
| » — | » | 9 v. u. | » zwei l. ein |
| » 37 | » | 2 v. u. | » nun l. nur |
| » 39 | » | 7 v. u. | » sodass l. so dass |
| » — | » | 5 v. u. | » nach l. je nach |
| » 44 | » | 11 v. u. | » Urc l. Ure |
| » 46 | » | 4 v. o. | » geschmolzen l. zugeschmolzen |
| » 47 | » | 11 v. o. | » messingenem l. messingenen |
| » — | » | 12 v. o. | » welcher l. welches |
| » — | » | — v. u. | » es l. er |
| » 50 | » | — v. u. | » des Körpers l. der Körper |
| » 63 | » | 5 v. o. | » Inutin l. Inulin |
| » 64 | » | 9 v. o. | » kohlen säurehaltigen l. Kohlensäure - haltigem |
| » 65 | » | 12 v. u. | » daher l. also |
| » 68 | » | 26 v. u. | » verschiedener Farbestrahlen l. verschiedenfarbiger Strahlen |
| » 75 | » | 3 v. u. | » kegelförmig l. kugelförmig |
| » 77 | » | 1 v. o. | » einem l. einen |
| » 79 | » | 6 v. u. | » dem Froschschenkel l. den Froschschenkeln |
| » 95 | » | 7 v. u. | » Wenn wir auch l. da wir nun |
| » — | » | 5 v. u. | » zwischen l. mit der |
| » 96 | » | 16 v. u. | » Poppendorff l. Poggendorff |
| » — | » | 12 v. u. | » einem l. einen |
| » 101 | » | 21 v. o. | » müssen l. wissen |
| » 110 | » | — v. u. | » calc l. calx |
| » 111 | » | 3 v. o. | » fluo l. fluor d. Fliessen |
| » 114 | » Anm. Z. 4 v. u. | » statt den l. dem | |
| » — | » Zeile 4 v. u. | » statt Zirkonsyenit l. Zirkonsyenit aufgefundenes | |
| » — | » — v. u. | » Breritz l. Brevitz | |
| » 118 | » | 14 v. o. | » geringen l. weniger |
| » 119 | » | 4 v. u. | » Ghlor l. Chlor |
| » 120 | » | 12 u. 14 v. o. | » st. trinäre l. ternäre |
| » 121 | » | 10 v. o. | » statt Sauersalze l. Sauerstoffsalze |
| » 125 | » | 15 v. o. | » unter höhern l. und höhere |
| » 128 | » | 19 v. o. | » mlt l. mit |
| » 132 | » | 13 v. o. | » dies l. stets |
| » 136 | » | 18 v. o. | » salze l. salzen |
| » 150 | » | 5 v. o. | » Namenkerne l. Stammkerne |
| » 153 | » | 7 v. u. | » Cencin l. Coniin |
| » 154 | » | — v. u. | » An diese l. Zu diesen |

Seite 156	Zeile	6 v. o.	statt glotin	lies glutin
» —	»	9 v. o.	» Urerithoin l. Urerythrin	
» —	»	24 v. o.	» Cumöl l. Cumol	
» —	»	11 v. u.	» Quellsalzsäure l. Quellsatzsäure	
» 157	»	— v. u.	» Conicin l. Coniin	
» 160	»	14 v. o.	» durch l. von der durch	
» —	»	15 v. o.	» entbundener l. entbundenen	
» 167	»	23 v. u.	» übereinstimmt l. nicht übereinstimmt	
» 186	»	3 v. u.	» Kali = Thonerde l. Kali-Thonerde	
» 187	»	14 v. u.	» der l. die	
» 189	»	10 v. u.	» den l. dem	
» 195	»	9 v. o.	» können lies kann	
» —	»	8 v. u.	» lehren l. beweisen	
» 197	»	— v. o.	» denen l. denn	
» —	»	17 v. u.	» κακάδης l. καχώδης	
» 198	»	13 v. u.	» auch Körper l. und Körpern	
» 199	»	8 v. o.	» Hitrilen l. Nitrilen	
» 205	»	16 v. o.	» Melamere l. Metamere	
» 207	»	2 v. o.	» abhängiger und physikalischer l. abhängigen und physikalischen	
» 216	»	21 v. u.	» besonderm l. besonderem	
» 217	Anm. Z.	2 v. u.	statt vereinigt l. verunreinigt	
» 220	Z. 23	v. o.	statt aus l. als	
» 221	Anm. Z.	7 v. u.	statt Lies l. Lier	
» 224	Zeile	9 v. o.	statt Speisekobalt l. Speiskobalt	
» 233	»	17 v. u.	» denen l. denn	
» 234	»	25 v. u.	» eines Vorthells l. einen Vorthail	
» 235	»	1 v. o.	» Sehen l. Setzen	
» 236	»	21 v. u.	» non l. von	
» 240	»	14 v. o.	» kleinen l. kleineren	
» 241	»	2 v. o.	» welcher l. welche	
» —	»	18 v. o.	» neben l. unter	
» 244	»	12 v. u.	» dass l. das	
» 245	»	17 v. o.	» Säuren und Basen l. Basen und Säuren	
» 248	»	5 v. o.	» würden l. wurden	
» —	»	15 v. o.	» 406,6 l. 406,5	
» —	»	7 v. u.	» das das l. dass das	
» 252	»	9 v. o.	» 0,184 l. 0,84	
» —	»	17 v. u.	» theoretische l. procentische	
» 255	»	10 v. o.	» 80,67 l. 50,67	
» —	»	17 v. u.	» 603 l. 6,03	
» 256	»	7 v. u.	» durationelle l. die rationelle	
» 266	»	2 v. o.	» KaO l. KO.	



Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.





Gerding, Theodor,

Einführung in das Studium der Chemie oder die Grundlehren der allgemeinen
Chemie mit besonderer Rücksicht auf Physik und Stöchiometrie

Leipzig 1852

Chem. 106 m

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10072636-2